

# Die Verarbeitung von Gewinn- und Verlusterfahrungen in spezifischen Entscheidungs- und Spielsituationen

Eine theoretische und experimentelle Analyse

## DISSERTATION

zur Erlangung des akademischen Grades  
doctor rerum politicarum  
(Dr. rer. pol.)  
im Fach Wirtschaftswissenschaften

eingereicht an der  
Wirtschaftswissenschaftlichen Fakultät  
der Humboldt-Universität zu Berlin

von  
Herrn Dipl.-Math. oec. Andreas Schröder  
geboren am 08. Februar 1971 in Erfurt

Präsident der Humboldt-Universität zu Berlin:  
Prof. Dr. Dr. h.c. Christoph Markschies

Dekan der Wirtschaftswissenschaftlichen Fakultät:  
Prof. Oliver Günther, Ph. D.

Gutachter:

1. Prof. Dr. Christian Schade
2. Prof. Dr. Werner Güth

eingereicht am: 31. Mai 2007

Tag der mündlichen Prüfung: 1. November 2007

## **Abstract**

In the real world, risky decisions are typically made after previous experiences, which include prior gains and losses. Although there are empirical findings suggesting an influence of such prior experiences on the subsequent behavior, normative as well as descriptive decision and game theory have not provided yet a thorough theoretical treatment of these effects. Therefore, this thesis develops first a theoretical fundament. It is based on the Cumulative Prospect Theory, which is extended by an aggregation axiom. For single-person-games an incentive compatible mechanism to elicit true evaluations of risks is developed and finally tested in two laboratory experiments. The relevance of the aggregation axiom gets full support whereas a risk perception according to the Cumulative Prospect Theory has to be rejected. In multi-person-games the additional assumption of Social Projection has to be incooperated. Equilibrium selection according to perfectness and risk dominance are used to derive predictions, which are empirically validated in two experiments. Furthermore, gender-specific differences are observed.

## **Keywords:**

behavioral decision theory, behavioral game theory, equilibrium point selection, risk taking behavior

## **Zusammenfassung**

In der betriebswirtschaftlichen Realität werden riskante Entscheidungen meistens nach vorherigen Gewinn- oder Verlusterfahrungen getroffen und empirische Beobachtungen legen nahe, dass vorherige derartige Erfahrungen das aktuelle Risikoverhalten beeinflussen. Da dieser Umstand in den existierenden Ansätzen der normativen und deskriptiven Spieltheorie bisher jedoch nicht abgebildet wird, beschäftigt sich diese Arbeit zunächst mit der Erarbeitung der theoretischen Grundlagen für das Verhalten nach entsprechenden Erfahrungen in riskanten Entscheidungssituationen mit und ohne strategische Interaktion. Dabei wird für Einpersonenspiele das gesamte Framework der Kumulativen Prospekttheorie um einen „Aggregationsaxiom“ erweitert und es werden anreizkompatible Mechanismen abgeleitet, die in zwei experimentellen Studien überprüft werden. Die Aggregationshypothese konnte dabei bestätigt werden, wenn auch die Risikowahrnehmung eher im Einklang mit normativen Ansätzen und nicht mit der Kumulativen Prospekttheorie zu stehen scheint. Für Mehrpersonenspiele wurde der klassische Ansatz um den Aggregationsaspekt, eine Auszahlungstransformation gemäß der Kumulativen Prospekttheorie und um die Annahme der Sozialen Projektion erweitert. Die Verhaltensprognosen für zwei einfache Koordinationsspiele resultieren dann insbesondere aus den beiden Verfeinerungskriterien „Risikodominanz“ und „Perfektheit“ der allgemeinen Gleichgewichtsauswahltheorie von Harsanyi und Selten. Die gemachten Vorhersagen konnten für die Teilnehmer (wenn auch mit überraschenden geschlechtsspezifischen Unterschieden) in zwei Experimenten bestätigt werden.

### **Schlagwörter:**

verhaltenswissenschaftliche Entscheidungstheorie,  
verhaltenswissenschaftliche Spieltheorie, Gleichgewichtsauswahl,  
Risikoverhalten

# Widmung

Diese Arbeit widme ich meiner Lebensgefährtin Sandra Radler und meinen Eltern Doris und Jörg Schröder.

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einführung</b>	<b>1</b>
1.1	Problemstellung . . . . .	1
1.2	Anreizkompatible Laborexperimente . . . . .	6
1.3	Die Evaluierung entscheidungs- und spieltheoretischer Modelle	11
1.4	Der weitere Aufbau der Arbeit . . . . .	16
<b>2</b>	<b>Gewinn- und Verlusterfahrungen in spezifischen Entscheidungssituationen</b>	<b>18</b>
2.1	Das riskante Entscheidungsproblem aus klassischer und verhaltenswissenschaftlicher Sicht . . . . .	19
2.1.1	Erwartungsnutzentheorie . . . . .	19
2.1.2	Die Prospekttheorie . . . . .	21
2.1.3	Die Kumulative Prospekttheorie . . . . .	24
2.2	Ein Aggregationsmodell für Entscheidungssituationen . . . . .	28
2.2.1	Der MTK-Mechanismus . . . . .	32
2.2.2	Der MBDM-Mechanismus . . . . .	34
2.2.3	Bemerkung . . . . .	35
2.3	Experiment 1: Der MTK-Mechanismus und Aggregation . . . . .	35
2.3.1	Experimentelles Design und Durchführung . . . . .	36
2.3.2	Resultate . . . . .	40
2.3.3	Zusammenfassung . . . . .	48
2.4	Experiment 2: Der MBDM-Mechanismus und Aggregation . . . . .	49
2.4.1	Experimentelles Design und Durchführung . . . . .	49
2.4.2	Resultate . . . . .	53
2.4.3	Zusammenfassung . . . . .	56
2.5	Vergleich beider Experimente . . . . .	57
2.6	Vergleich mit anderen empirischen Studien . . . . .	59
<b>3</b>	<b>Gewinn- und Verlusterfahrungen in spezifischen Spielsituationen</b>	<b>65</b>
3.1	Spiele in Normalform . . . . .	66

3.2	Das Aggregationsmodell für Normalformspiele . . . . .	69
3.3	Gleichgewichtsauswahl in 2 x 2-Spielen . . . . .	75
3.3.1	Perfektheit . . . . .	76
3.3.2	Risikodominanz . . . . .	78
3.3.3	Bemerkungen . . . . .	80
3.4	Gleichgewichtsauswahl in n x m-Spielen . . . . .	81
3.5	Experiment 3: Aggregationseffekte in einem Battle-Of-The-Sexes Spiel . . . . .	84
3.5.1	Anwendung des Aggregationsmodells . . . . .	84
3.5.2	Verhaltensprognosen . . . . .	87
3.5.3	Experimentelles Design und Durchführung . . . . .	92
3.5.4	Resultate . . . . .	93
3.6	Experiment 4: Aggregationseffekte in einem Simultanen Markteintrittsspiel . . . . .	104
3.6.1	Anwendung des Aggregationsmodells . . . . .	105
3.6.2	Verhaltensprognosen . . . . .	106
3.6.3	Experimentelles Design und Durchführung . . . . .	117
3.6.4	Resultate . . . . .	119
3.7	Vergleich beider Experimente . . . . .	128
3.7.1	Durchschnittliche Strategiewahlen und erwartete Auszahlungen im BOS-Spiel . . . . .	129
3.7.2	Durchschnittliche Strategiewahlen und erwartete Auszahlungen im ME-Spiel . . . . .	132
3.8	Alternative Erklärungsansätze . . . . .	134
3.8.1	Bedeutende Erkenntnisse der Sozialpsychologie . . . . .	134
3.8.2	Alternative Ansätze der deskriptiven Spieltheorie . . . . .	136
3.9	Vergleiche mit anderen experimentellen Studien . . . . .	143
3.9.1	Koordinationsgrad und erwarteter Payoff in Studien zum BOS-Spiel . . . . .	143
3.9.2	Eintrittsverhalten und erwarteter Payoff in Studien zum ME-Spiel . . . . .	149
3.9.3	Explizites Randomisieren . . . . .	154
<b>4</b>	<b>Implikationen für die Praxis</b>	<b>156</b>
4.1	Riskante Anlage- und Investitionsentscheidungen . . . . .	162
4.2	Ein spezifisches Koordinationsproblem . . . . .	165
4.3	Markteintrittsentscheidungen . . . . .	167

<b>5</b>	<b>Theoretische Grundlagen für die weitere (empirische) Forschung</b>	<b>170</b>
5.1	Eine entscheidungstheoretische Fragestellung: Das Startpunkt-konzept . . . . .	170
5.2	Eine spieltheoretische Fragestellung: Multilaterale Risikodominanz und Risiko-, und Ergebniswahrnehmung . . . . .	175
5.2.1	Die Implementierung einer begrenzt rationalen Risiko- und Ergebniswahrnehmung . . . . .	180
5.2.2	Idee für eine experimentelle Studie . . . . .	182
5.3	Gibt es die CP(A)-Spieltheorie? . . . . .	183
<b>A</b>	<b>Analytische Grundlagen</b>	<b>190</b>
A.1	Konvexe Mengen und Funktionen . . . . .	190
A.2	Quasi-konkave und quasi-konvexe Funktionen . . . . .	191
<b>B</b>	<b>Erläuterungen zu Kapitel 2</b>	<b>194</b>
B.1	Beweis der Anreizkompatibilität des MTK-Mechanismus . . .	194
B.2	Beweis der Anreizkompatibilität des MBDM-Mechanismus . .	195
<b>C</b>	<b>Erläuterungen zu Kapitel 3</b>	<b>198</b>
C.1	Beweis von Theorem 8 . . . . .	198
C.2	Beweis von Theorem 9 . . . . .	198
C.3	Beweis von Theorem 10 . . . . .	199
C.4	Beweis von Theorem 11 . . . . .	199
C.5	Beweis von Theorem 12 . . . . .	201
C.6	Beweis von Theorem 13 . . . . .	202
C.7	Einführende Bemerkungen für folgende Beweise . . . . .	203
C.7.1	Das Epsilon-perturbierte Markteintrittsspiel . . . . .	204
C.7.2	Dominierte und (semi-) duplikate Strategien . . . . .	205
C.7.3	Nützliche Abschätzungen . . . . .	206
C.8	Beweis von Theorem 14 . . . . .	207
C.9	Beweis von Theorem 15 . . . . .	209
C.10	Beweis von Theorem 16 . . . . .	209
C.11	Beweis von Theorem 17 . . . . .	209
C.12	Beweis von Theorem 18 . . . . .	210
C.13	Beweis von Theorem 19 . . . . .	211

# Abbildungsverzeichnis

2.1	Die Wertfunktion eines Median-Entscheiders. . . . .	23
2.2	Gewichtungsfunktionen eines Median-Entscheiders. . . . .	26
2.3	Graphische Darstellung des Dispositionseffekts. . . . .	62
3.1	Auszahlungsmatrix 1. . . . .	76
3.2	Auszahlungsmatrix 2. . . . .	78
3.3	Auszahlungsmatrix 3. . . . .	79
3.4	Auszahlungsmatrix 4. . . . .	79
3.5	Auszahlungsmatrix des Spiels $BOS_G^{PTA}$ . . . . .	86
3.6	Auszahlungsmatrix des Spiels $BOS_V^{PTA}$ . . . . .	86
3.7	Prognosen asymmetrische Kombinationen. . . . .	91
3.8	Prognosen symmetrische Kombinationen. . . . .	91
3.9	Strategiewahlen der Gewinner. . . . .	94
3.10	Strategiewahlen der Neutralen. . . . .	95
3.11	Strategiewahlen der Verlierer. . . . .	96
3.12	Strategiewahlen der Gewinner. . . . .	120
3.13	Strategiewahlen der Neutralen. . . . .	121
3.14	Strategiewahlen der Verlierer. . . . .	122
3.15	Mittlere Strategiewahlen in Experiment 3. . . . .	129
3.16	Mittlere erwartete Auszahlungen in Experiment 3. . . . .	130
3.17	Strategiewahlen und Auszahlungen in Experiment 3. . . . .	131
3.18	Mittlere Strategiewahlen in Experiment 4. . . . .	132
3.19	Mittlere erwartete Auszahlungen in Experiment 4. . . . .	133
3.20	Strategiewahlen und Auszahlungen in Experiment 4. . . . .	133
3.21	BOS mit Aggregation . . . . .	138
3.22	Auszahlungen im ME-Spiel . . . . .	139
3.23	Aggregation im ME-Spiel . . . . .	140
3.24	Auszahlungen in Matching Games . . . . .	141
3.25	BOS-Spiel mit spezifischem Auszahlungsverhältnis. . . . .	143
3.26	BOS in Cooper et al. (1994) und Straub (1995). . . . .	144
3.27	Markteintritte bei Präsenz von Verlierern. . . . .	152
3.28	Erwartete Auszahlungen bei Präsenz von Verlierern. . . . .	152



3.29	Markteintritte bei Präsenz von Gewinnern. . . . .	153
3.30	Erwartete Auszahlungen bei Präsenz von Gewinnern. . . . .	153
5.1	Startpunktkonzept und Dispositionseffekt. . . . .	171
5.2	Mögliches Beispiel. . . . .	186
5.3	(Un-)Mögliches Beispiel. . . . .	188

# Tabellenverzeichnis

2.1	Lotterievergleiche des Messteils Exp. 1. . . . .	38
2.2	Lotterievergleiche des Evaluierungsteils Exp. 1. . . . .	39
2.3	Verläufe der Wertfunktion Exp. 1. . . . .	41
2.4	Ergebnisse des Messteils Exp. 1. . . . .	42
2.5	Spearman-Rang-Korrelationskoeffizienten I. . . . .	45
2.6	Vergleiche ( $p$ -level) der Korrelationskoeffizienten I. . . . .	47
2.7	Lotterievergleiche des Messteils Exp. 2. . . . .	50
2.8	Lotterievergleiche des Evaluierungsteils Exp. 2. . . . .	52
2.9	Verläufe der Wertfunktion Exp. 2. . . . .	53
2.10	Verläufe der Wertfunktion in Abdellaoui (2000). . . . .	54
2.11	Ergebnisse des Messteils im zweiten Experiment. . . . .	54
2.12	Spearman-Rang-Korrelationskoeffizienten II. . . . .	55
2.13	Vergleiche ( $p$ -level) der Korrelationskoeffizienten II. . . . .	56
2.14	Vergleich der Mediane der Rangkorrelationskoeffizienten. . . .	58
3.1	Verhältnisse $r_i$ für Frauen in den asymm. Kombinationen. . . .	98
3.2	Verhältnisse $r_i$ für Frauen in der Kombination $(G, N)$ . . . . .	99
3.3	Verhältnisse $r_i$ für Frauen in den symm. Kombinationen. . . .	100
3.4	Verhältnisse $r_i$ für Männer in den asymm. Kombinationen. . .	101
3.5	Verhältnisse $r_i$ für Männer in der Kombination $(G, N)$ . . . . .	103
3.6	Verhältnisse $r_i$ für Männer in den symm. Kombinationen. . . .	104
3.7	Prognosen für das ME-Spiel in den asymm. Kombinationen. . .	118
3.8	Verhältnisse $r_i$ für Frauen in den asymm. Kombinationen. . . .	124
3.9	Verhältnisse $r_i$ für Frauen in den symm. Kombinationen. . . .	124
3.10	Verhältnisse $r_i$ für Männer in den asymm. Kombinationen. . .	125
3.11	Verhältnisse $r_i$ für Männer in den symm. Kombinationen. . . .	125
3.12	Koordinationsgrade in BOS-Spielen. . . . .	145
3.13	Erwartete Auszahlungen in BOS-Spielen. . . . .	146
3.14	Erwartete und beobachtete Eintritte in ME-Spielen. . . . .	150

# Kapitel 1

## Einführung

Dieses Kapitel widmet sich zunächst einer kurzen *Darstellung des Untersuchungsgegenstandes*. Anschließend wird die *Methodik* vorgestellt, mit deren Hilfe die Forschungsfragen beantwortet werden sollen und es wird skizziert, wie *theoretische Ansätze* experimentell *validierbar* sind. Der letzte Abschnitt gibt dann Auskunft über den *grundsätzlichen Aufbau* dieser Arbeit.

### 1.1 Problemstellung

Im täglichen (betriebswirtschaftlichen, ökonomischen und privaten) Leben müssen *riskante Entscheidungen* getroffen werden. Dabei soll das *Risiko* mit *bekannten Wahrscheinlichkeitsverteilungen* über bestimmte Umweltzustände identifiziert<sup>1</sup>, und innerhalb einer betriebswirtschaftlichen oder ökonomischen Fragestellung sollen Umweltzustände als monetäre Auszahlungen in Form von Gewinnen oder Verlusten angesehen werden.

Eine Situation, in welcher Auszahlungen mit bestimmten Wahrscheinlichkeiten eintreten, bezeichnet man als *Lotterie*. Ein *riskantes Entscheidungsproblem* besteht nun darin, aus einer gegebenen Menge von Lotterien, diejenige(n) auszuwählen, die *optimal* für den Entscheider ist (sind), und eine so genannte *Entscheidungstheorie* beschäftigt sich mit der *Frage*, unter welchen Voraussetzungen ein *riskantes Entscheidungsproblem* gelöst werden kann.

In einem entscheidungstheoretischen Ansatz werden die *Voraussetzungen* für die Lösbarkeit eines riskanten Entscheidungsproblems *durch Axiome*, dass heißt mathematisch formalisierte Rationalitätspostulate für das Entscheider-

---

<sup>1</sup>Im Gegensatz zu der Situation, in welcher Risiken unbekannt oder durch Verteilungen über Wahrscheinlichkeitsverteilungen gegeben sind.

verhalten, *beschrieben*. Weiterhin wird unterstellt, dass die *Wertschätzung* für eine *Lotterie* durch eine reelle Zahl, den so genannten *Präferenzwert*, *abgebildet* werden kann. In einem *Axiomensystem* für das Entscheiderverhalten sind dabei Annahmen über die *Wahrnehmung/Verarbeitung von Risiken und Auszahlungen manifestiert* und werden in der (mathematischen) Formulierung eines Präferenzwertes reflektiert.

Der wohl bekannteste (klassische) entscheidungstheoretische Ansatz ist dabei die so genannte *Erwartungsnutzentheorie* (EUT<sup>2</sup>) von von Neumann und Morgenstern (1947). Dort impliziert das Axiomensystem bzw. die mathematische Formulierung des Präferenzwertes (Erwartungsnutzens), dass *Risiken linear*, das heißt objektiv, *verarbeitet* werden und *objektive Auszahlungen* durch eine so genannte *Risikonutzenfunktion transformiert* werden. Diese Risikonutzenfunktion ist aus mathematischer Sicht eindeutig bis auf positiv lineare Transformationen. Man spricht daher auch von einer kardinalen Nutzenfunktion.

Insbesondere experimentelle Studien seit den 1950-iger Jahren führten allerdings zur Etablierung so genannter *verhaltenswissenschaftlicher Entscheidungstheorien*. Diese wurden entwickelt, um die in der Realität beobachteten Anomalien bzw. Phänomene im menschlichen Entscheiderverhalten abzubilden. Ein bekannter und als validiert angesehener Vertreter ist dabei die so genannte *Kumulative Prospekttheorie* (CPT<sup>3</sup>) von Tversky und Kahneman (1992). Innerhalb dieses Ansatzes wird sowohl von einer *subjektiven Verarbeitung objektiv gegebener Risiken* als auch von der *subjektiven Wahrnehmung objektiv gegebener Auszahlungen* ausgegangen. Die *Bewertung von Auszahlungen* einer Lotterie findet *bezüglich eines Referenzpunktes* statt. Innerhalb eines ausschließlich monetären Kontextes besteht dieser *Referenzpunkt* im *Ausgangsvermögen* eines Entscheiders und relativ zu diesem werden *Gewinne und Verluste mittels* einer so genannten *Wertfunktion transformiert*. Diese Wertfunktion ist aus mathematischer Sicht eindeutig bis auf die Multiplikation mit einer positiven Konstanten und verläuft durch den Ursprung in einem Auszahlungs-Wert-Koordinatensystem, eben dem Referenzpunkt. Außerdem kann sich die *Wertfunktion* bezüglich der Bewertung von Gewinnen (*Gewinnbereich*) von der Wertfunktion bezüglich der Bewertung von Verlusten (*Verlustbereich*) in ihrem Trendverlauf (d. h. Konkavität versus Konvexität) unterscheiden.

---

<sup>2</sup>Die Abkürzung stammt aus dem Englischen: *Expected Utility Theory*.

<sup>3</sup>Die Abkürzung stammt ebenfalls aus dem Englischen: *Cumulative Prospect Theory*.

Riskante *Entscheidungsprobleme* treten in der Praxis zumeist nicht in einem neutralen Kontext auf, sondern nach finanziellen Gewinn- oder Verlusterfahrungen. (Beispielsweise werden Anlageentscheidungen beim Wertpapierhandel getroffen, nachdem vorherige Aktienverkäufe zu Gewinnen aber auch zu Verlusten geführt haben können. Oder es müssen Investitionsentscheidungen vor dem Hintergrund erfolgreicher oder weniger erfolgreicher früherer Projekte getroffen werden.) Damit stellt sich die Frage, ob bzw. wie vorherige Gewinn- oder Verlusterfahrungen das Entscheidungsverhalten beeinflussen.

Das Auftreten vorheriger Gewinn- oder Verlusterfahrungen wird in den existierenden Entscheidungstheorien jedoch nur bedingt abgebildet: So wird in „klassischen“ Ansätzen entweder postuliert, dass bei der Beurteilung einer Lotterie *Endvermögensstände*<sup>4</sup> bewertet werden, was wiederum impliziert, dass die vorherigen Gewinn- oder Verlusterfahrungen mit dem Ausgangsvermögen zu verrechnen sind. Oder es wird *keine Aussage*<sup>5</sup> darüber getroffen, inwiefern das bisherige Vermögen bei der Beurteilung einer Lotterie berücksichtigt wird (was impliziert, dass es *ignoriert* wird). Die Interpretation des Referenzpunktes als Ausgangsvermögen innerhalb z. B. der Kumulativen Prospekttheorie impliziert ebenfalls eine *Konsolidierung vorheriger Gewinn- und Verlusterfahrungen mit diesem*, und hat damit aufgrund der relativen Bewertung bezüglich dieses Ursprungs keine Konsequenz bei der Bildung von Präferenzwerten und somit im Entscheiderverhalten.

Allerdings legen zahlreiche *Beobachtungen* in der Realität nahe, dass vorherige Gewinn- oder Verlusterfahrungen einen Einfluss auf das Entscheiderverhalten haben: So kann beispielsweise bei Kapitalanlegern beobachtet werden, dass diese Aktien, die Verluste realisiert haben, zu lange halten. Aktien, die Gewinne realisiert haben, werden tendenziell zu schnell verkauft.<sup>6</sup> Shefrin und Statman (1985) erklären dieses Verhalten damit, dass sich diese Entscheider bei der Beurteilung des Entscheidungsproblems des Verkaufes einer Aktie mit riskanter Kursentwicklung nach einer Verlusterfahrung offensichtlich im „Verlustbereich“ ihrer Wert- oder Nutzenfunktion befinden: Da potentielle Kursgewinne subjektiv größer eingestuft werden als potentielle Kursverluste in selber Höhe, wird die Aktie nicht verkauft. Dies korrespondiert mit einer konvexen Wertfunktion im Verlustbereich. Bei der Beurteilung einer Aktie mit realisiertem Kursgewinn bewerten Entscheider die weitere Zunahme des Gewinns subjektiv kleiner als einen möglichen Verlust in selber Höhe. Dieses

---

<sup>4</sup>Siehe beispielsweise Keeney und Raiffa (1976) oder Harvey (1981).

<sup>5</sup>Siehe beispielsweise von Neumann und Morgenstern (1947) oder Hammond (1998).

<sup>6</sup>Siehe z. B. Shefrin und Statman (1985). Die Klassifikation weiterer ähnlicher Phänomene erfolgt in Kapitel 2.

Verhalten korrespondiert mit einer konkaven Wertfunktion im Gewinnbereich.

Diese Argumentation von Shefrin und Statman (1985) hat folgende Implikationen:

- Die *Wahrnehmung monetärer Auszahlungen* einer Lotterie scheint in dem Sinne *im Einklang mit einem verhaltenswissenschaftlichem Ansatz* zu stehen, als dass es *referenzpunktabhängig unterschiedliche Wertfunktionsverläufe* im Gewinn- und Verlustbereich gibt.
- Dies *widerspricht* einem „klassischen“ Modell wie der Erwartungsnutzentheorie. Insbesondere sollten rationale Entscheider im Sinne dieses Ansatzes *vorherige Gewinn- und Verlusterfahrungen* als *versunkene Kosten* interpretieren, die keinen weiteren Einfluss auf die Bewertung eines aktuellen riskanten Entscheidungsproblems haben.
- Vorherige Gewinn- und Verlusterfahrungen sind *nicht mit dem Referenzpunkt* (in Form des bisherigen Ausgangsvermögens) *konsolidiert*. Dies widerspricht einem verhaltenswissenschaftlichem Modell wie z. B. der *Kumulativen Prospekttheorie*.
- Die Verarbeitung vorheriger Gewinn- und Verlusterfahrungen scheint eher so stattzufinden, als dass diese *nicht mit dem Ausgangsvermögen verrechnet* werden. Vorherige Gewinn- oder Verlusterfahrungen werden vielmehr mit den *Auszahlungen* einer riskanten Alternative (Lotterie) *aggregiert*.<sup>7</sup>

Da es neben dem beschriebenen, so genannten *Dispositionseffekt* im Verhalten von Kapitalanlegern, eine *erhebliche Anzahl empirischer Studien* gibt, die auf derselben Argumentation basieren<sup>8</sup>, kann somit das *erste Forschungsziel* dieser Arbeit motiviert werden:

*Die Erarbeitung einer Theorie für die Wahrnehmung bzw. das Verhalten von Personen nach vorherigen Gewinn- oder Verlusterfahrungen in riskanten Entscheidungssituationen und deren empirische Überprüfung.* (Bei der Untersuchung dieser Problematik soll insbesondere auch *berücksichtigt* werden, dass *Risiken* für Gewinne und Verluste auf unterschiedliche Weise *transformiert* werden können.)

---

<sup>7</sup>Dies bedeutet also, dass Gewinn- und Verlusterfahrungen mit Gewinnen oder Verlusten einer Alternative bzw. Lotterie *integriert*, also *verrechnet* werden.

<sup>8</sup>Ein detaillierter Überblick erfolgt in Kapitel 2.

Insbesondere in Wettbewerbssituationen *hängt der Erfolg* eines riskanten Projekts nicht nur vom eigenen Entscheidungsverhalten, sondern *auch von den Aktionen anderer Akteure*, beispielsweise Konkurrenten, *ab*. (Betrachtet man etwa das Problem, welches entsteht, wenn ein Kompatibilitätserfordernis für verschiedene Zulieferprodukte existiert. Dann sollten sich die Hersteller bei der Festlegung bestimmter Standards oder Normen miteinander koordinieren. Dabei können unterschiedliche Standards oder Normen, beispielsweise durch unterschiedliche Kosten, auch unterschiedliche Gewinne implizieren. Oder, wenn man einen Absatzmarkt mit beschränkter Kapazität betrachtet: Dann hängen mögliche Gewinne und Verluste der in den Markt eintretenden Anbieter sicherlich von der Anzahl der eintretenden Anbieter ab.)

Riskante Entscheidungssituationen, in denen *mehrere Akteure strategisch miteinander interagieren*, bezeichnet man auch als *Spiel*. Da der *Einfluss vorheriger Gewinn- und Verlustsituationen* in Spielen bisher *noch nicht untersucht* wurde, lässt sich das *zweite Forschungsziel* dieser Arbeit formulieren:

*Die Erarbeitung einer Theorie für die Wahrnehmung bzw. das Verhalten von Personen nach vorherigen Gewinn- oder Verlusterfahrungen in Spielsituationen und deren empirische Überprüfung.* (Dabei soll sich auf nichtkooperative Spiele mit vollständiger Information<sup>9</sup> beschränkt werden.)

Die *Theorieentwicklung* in dieser Arbeit basiert auf der *Erweiterung* von *etablierten* (mathematischen) *Modellen der Entscheidungs- und Spieltheorie*. Für die *entscheidungstheoretische Problematik* wird die Kumulative Prospekttheorie um den Aggregationsaspekt erweitert. Die *Aggregation* vorheriger Gewinn- oder Verlusterfahrungen mit Auszahlungen einer Lotterie wird dabei durch eine *axiomatische Forderung*, die das *System von Rationalitätspostulaten* der CPT in einer *modernen Präsentation* von Wakker und Zank (2002) *erweitert*, realisiert.

Ausgangspunkt für die *spieltheoretische Modellierung* sind *nichtkooperative Spiele in Normalform*, deren *Auszahlungsfunktionen* durch die Berücksichtigung von *Aggregation* vorheriger Gewinn- und Verlusterfahrungen mit möglichen Auszahlungen in einem Spiel und die *Transformation gemäß der Ergebniswahrnehmung* der CPT modifiziert werden. Die Zugrundelegung eines aus der *Sozialpsychologie* stammenden Konzepts, der so genannten *Sozialen Projektion*, erlaubt, dass die modifizierten Spiele durch vollständige Information

---

<sup>9</sup>Eine Definition dieser Spielklasse erfolgt in Kapitel 3.

charakterisiert werden können. Basierend auf diesen Annahmen erfolgt dann die *spieltheoretische Analyse* für zwei, aus einer ökonomischen Perspektive sehr interessante, Vertreter: Einem *Battle-Of-The-Sexes-Spiel* (BOS-Spiel) und dem *Simultanen Markteintritt* (ME). Da beide Spiele durch *multiple Gleichgewichte* gekennzeichnet sind, müssen bei der *Ableitung von Verhaltenshypothesen* auch Aspekte einer *Gleichgewichtsauswahltheorie* (Harsanyi und Selten, 1988) wie *Risikodominanz* und *Perfektheit* zur Anwendung kommen.

## 1.2 Anreizkompatible Laborexperimente

Die *Historie experimenteller Wirtschaftsforschung* hat ihren Ursprung im Prinzip in den *Arbeiten von Bernoulli* aus dem Jahre 1738<sup>10</sup> im Zusammenhang mit dem so genannten St. Petersburg Paradoxon und ist bis heute so umfangreich, dass eine ausführliche Darstellung der historischen Entwicklung den Rahmen dieser Arbeit sprengen würde<sup>11</sup>. Daher befasst sich dieser Abschnitt vor allem mit der Frage, *was man unter anreizkompatiblen Laborexperimenten versteht* und *warum anreizkompatible Laborexperimente ein adäquades Mittel* sind, um die aus der Theorieentwicklung *resultierenden Hypothesen* (und damit Theorien selbst) *zu validieren*.

Folgt man Schade (2005, S.411), dann sind *einfach gestaltete Experimente* eine *ideale Testmethode* für *Hypothesen*: „...the researcher is not able to ‚escape‘ from the falsification of a theory. If a hypothesis is demonstrated to be wrong in an experiment, there should not be room for alternative explanations.“

Klassifiziert man verschiedene *Methoden der empirischen Forschung* in *Feldstudien*<sup>12</sup>, *Befragungsexperimente außerhalb des Labors*<sup>13</sup> und *Laborexperi-*

<sup>10</sup>Für eine moderne Übersetzung siehe etwa Bernoulli (1954).

<sup>11</sup>Für einen Überblick über die Entwicklung innerhalb der Entscheidungstheorie siehe etwa Machina (1987), Vazsonyi (1990) und Kahneman (2003). Für einen Überblick über die Entwicklung innerhalb der Spieltheorie siehe etwa Kagel und Roth (1995), Berninghaus, Ehrhart und Güth (2002) und Camerer (2003).

<sup>12</sup>Darunter sollen systematische wissenschaftliche Beobachtungen in der natürlichen Umgebung des Untersuchungsobjekts verstanden werden, die entweder rein beschreibend oder aber auch mit manipulativen Experimentreihen kombiniert sein können (beispielsweise Kausalanalysen von Paneldaten im Marketing oder die Messung von Auswirkungen bestimmter Fernseh-Werbeaktionen in einer zufällig ausgewählten Stichprobe von Zuschauern).

<sup>13</sup>Beispielsweise Internetexperimente oder Befragungen via Telefon oder „auf der Straße“.



mente, dann stellt sich zunächst die Frage, *bei welchen Fragestellungen welche Art empirischer Forschung geeignet* scheint.

Maßgeblich für die Wahl sind zunächst *Qualitätskriterien für die empirische Forschung: Interne Validität*<sup>14</sup>, *Externe Validität*<sup>15</sup> und *Reliabilität*<sup>16</sup>. So ist die interne Validität bei Laborexperimenten sicherlich am größten, da diese unter kontrollierten Bedingungen und gezielter Manipulation einer (oder mehrerer) Treatment-Variablen stattfinden und somit der Einfluss dieser Manipulationen direkt gemessen werden kann. Dafür ist die Frage der Übertragbarkeit auf die Realität kritisch zu beleuchten, d. h. das Ausmaß an externer Validität ist gegenüber Feldstudien als eher gering anzusehen.

In Schade (2005) sind weitere *Einflussgrößen* für die *Auswahl der empirischen Forschungsmethode* angegeben. So müssen *Feldstudien* und *Befragungsexperimente* außerhalb des Labors *ausgeschlossen* werden, falls die *Beobachtung der Zielgrößen schwierig* oder unmöglich ist.<sup>17</sup> Weiterhin argumentiert Schade (2005)<sup>18</sup>, dass die *Wahl der optimalen Untersuchungsmethode* vom Ausmaß der das Umfeld beeinflussenden *Dynamiken*<sup>19</sup>, der Relevanz von *Persönlichkeitsmerkmalen/Erfahrungen* der Probanden für die Forschungsfrage und der Relevanz der monetären *Anreizgestaltung oder Tradeoffs* für die Versuchspersonen im Hinblick auf die Forschungsfrage *abhängt*.

In dieser Arbeit soll der Einfluss vorheriger Gewinn- und Verlusterfahrungen in Entscheidungs- und Spielsituationen untersucht werden. Damit muss das *Ausmaß an Komplexität* als *hoch* eingeschätzt werden: Gewinn- und Verlusterfahrungen werden in jeder Unternehmung (Branche) und im privaten Leben gemacht, d. h. die weiteren möglichen, das Verhalten beeinflussenden Faktoren, sind sehr unterschiedlich und zahlreich, das Umfeld ist also sehr

---

<sup>14</sup> „Internal validity is the basic minimum without which any experiment [or other empirical study] is uninterpretable: Did in fact the experimental treatments make a difference in this specific instance?“ (Campbell und Stanley, 1966, S.5).

<sup>15</sup> „External validity asks the question of generalizability: To what populations, settings, treatment variables, and measurement variables can this effect be generalized?“ (Campbell und Stanley, 1966, S.5).

<sup>16</sup> „It addresses the degree of accuracy or error-freeness of a measurement.“ (Schade, 2005, S.421). Eine umfassende Definition findet man in Green und Tull (1988, S. 253-256) oder Diekmann (2006, S. 217-223).

<sup>17</sup> Trivialerweise dann, wenn notwendige Datenmengen (etwa aus Kostengründen oder Schwierigkeiten bei der Messung) nicht zur Verfügung stehen.

<sup>18</sup> Siehe hierzu insbesondere Abschnitt 3.

<sup>19</sup> Damit ist z. B. die Komplexität im Hinblick auf Einflussgrößen gemeint oder zeitliche Dynamiken, die das Umfeld (bzw. die Komplexität des Umfelds) verändern.

komplex. Darüber hinaus unterliegen diese verschiedenen Umweltbedingungen sich ständig ändernden Rahmenbedingungen und dürften nur schwer zu erfassen sein<sup>20</sup>. Feldstudien sind somit nur bedingt geeignet, um die Forschungsfrage in dieser Arbeit zu untersuchen.

Spezifische *Persönlichkeitsmerkmale* und *Erfahrungen* der Versuchspersonen sind im Rahmen einer Grundlagenforschung zunächst *nur bedingt von Interesse*: Zunächst macht jeder Mensch in seinem Leben Gewinn- und Verlust Erfahrungen und sieht sich fast immer mit riskanten Entscheidungssituationen (mit oder ohne strategischer Interaktion) konfrontiert. Damit sind die *Erfahrungen* im Umgang mit Entscheidungssituationen nach vorherigen Gewinnen oder Verlusten so umfangreich und unterschiedlich, dass diese nicht erfasst werden können und für die Forschungsfrage als eher *irrelevant* anzusehen sind. Allerdings könnten spezifische Persönlichkeitsmerkmale der Versuchspersonen für die Entscheidungsfindung von Interesse sein. Für die Forschungsfrage(n) stehen im Wesentlichen die Gewinn- und Verlust Erfahrungen selbst im Fokus und relevante Persönlichkeitsmerkmale kann man mit einer sehr geringen Anzahl (nämlich der Risikoeinstellung/-wahrnehmung, der Wahrscheinlichkeitsgewichtung und der Verlustaversion) identifizieren, welche man mit Hilfe etablierter und neuer Verfahren *messen* kann. Weiterhin sind diese Persönlichkeitsmerkmale eher „*abstrakter Natur*“ und bedürfen keiner (interviewartigen) Individualbefragung, wie es etwa der Fall wäre, wenn die spezifische Kompetenz oder individuelle professionelle Erfahrung eines Managers zur Disposition stehen würde. *Erfahrungen und (weitere) Persönlichkeitsmerkmale* sind damit eher *weniger von Bedeutung*.

Der Titel dieser Arbeit impliziert, dass Menschen die *Gewinn- oder Verlust Erfahrung* auch *machen* sollten. Damit ist ein adäquates *Anreizsystem äußerst relevant*. Für die Kombination *hohes Ausmaß an Dynamiken, geringe Relevanz von Personalität/Erfahrung* und einer *hohen Relevanz der Anreizgestaltung* empfiehlt Schade (2005) das Durchführen *ökonomischer Experimente*.

Darüber hinaus gibt es noch *weitere Restriktionen*, die die Durchführung eines *computergestützten Laborexperiments* *notwendig* machen: Diese sind in Entscheidungssituationen beispielsweise die Notwendigkeit, individuelle Angaben der Versuchspersonen für die im Experiment später gestellten Fra-

---

<sup>20</sup>Dies beinhaltet zum Einen die Messung, zum Anderen kann davon ausgegangen werden, dass die Informationen über (temporäre) Gewinne oder Verluste, etwa bei Privatpersonen und Unternehmen, im Hinblick auf eine statistisch signifikante Auswertung, nur sehr schwierig zu beschaffen sein dürften.

gen auszuwerten<sup>21</sup> oder computerrealisierte Zufallsauspielungen zugrunde zu legen. In Spielsituationen muss die Interaktion der Teilnehmer (durch den Computer) sicher gestellt werden. Außerdem ist es notwendig, dass die Gewinn- oder Verlusterfahrungen zeitgleich (im Labor) stattfinden, um dynamische Effekte zu minimieren.

Da in den durchzuführenden Experimenten der *Hauptfokus* auf dem *Verhalten nach vorherigen Gewinn- oder Verlusterfahrungen* in Entscheidungs- und Spielsituationen liegt, kann das Verhalten durch einfache (etablierte) Lotterievergleiche und Sicherheitsäquivalentabfragen bzw. Strategiewahlen in einfachen Spielen gemessen werden. Man kann so genannte *klinische Settings* verwenden, d. h. auf eine *Einbettung in ökonomische Probleme der Praxis* kann *verzichtet* werden. Der *Vorteil* dieser Vorgehensweise besteht darin, dass *ausschließlich die Auswirkungen der Gewinne und Verluste* auf das Verhalten gemessen und zusätzliche, etwa durch eine „Story“ bedingte Effekte, ausgeschlossen werden. Methodisch sind die in dieser Arbeit vorgestellten Studien also der *Grundlagenforschung* zuzuordnen.

Um eine adäquate *Messgenauigkeit* zu realisieren, werden in den dargestellten Studien die monetären *Auszahlungen* an das *tatsächliche Verhalten* der Experimententeilnehmer gekoppelt.<sup>22</sup>

Dies geschieht *einerseits* deshalb, um der so genannten *Induzierten Werttheorie* von Vernon L. Smith (1976) zu genügen: „The key idea in the induced-value theory is that the proper use of a reward medium allows an experimenter to *induce* prespecified characteristics in experimental subjects, and the subjects' innate characteristics become largely irrelevant.“ Friedman und Sunder (1994, S.12-13). Die induzierte Werttheorie beinhaltet dabei die folgenden drei (axiomatischen) Forderungen:

1. *Monotonicity*. Die Probanden bevorzugen mehr Entlohnung gegenüber weniger.
2. *Salience*. Dem Probanden ist bewusst, dass seine Entlohnung von seinem eigenen Verhalten (und dem anderer) abhängt. (Dabei müssen insbesondere die Regeln, welche Konsequenzen bestimmter Aktionen nach sich ziehen, in einer für den Probanden verständlichen Art und Weise formuliert sein.)

---

<sup>21</sup>Für die in späteren Runden stattfindenden Lotterievergleiche werden vorher gemachte Indifferenzangaben benötigt.

<sup>22</sup>Für eine kurze Diskussion über den Vor- und Nachteil geringer realer versus hoher hypothetischer Auszahlungen siehe etwa Schade (2005, S.411).

3. *Dominance*. Nichts ist dem Probanden wichtiger, als seine Entlohnung, die er im jeweiligen Experiment erzielt. (Andere das Verhalten beeinflussende Größen sollten im Experiment „ausgeblendet“ sein.)

„When the three conditions are satisfied, the experimenter achieves control over agents' characteristics.“ Friedman und Sunder (1994, S.13).<sup>23</sup>

*Andererseits* ist die verhaltensabhängige Entlohnung eine *notwendige Voraussetzung*, um in den Experimenten die (eigentliche) *Anreizkompatibilität* sicherzustellen.<sup>24</sup> Darunter versteht man die Tatsache, dass die *Probanden* ihre *wahren Eigenschaften* (meist in Form von Zahlungsbereitschaften oder Indifferenzwerten) *offenbaren*, also eine *Interessenhomogenität* zwischen Experimentator und Versuchspersonen besteht. In diesem Fall wählen die Probanden eine, im Rahmen einer zugrunde gelegten Theorie definierte, dominante (bzw. Gleichgewichts-) Strategie.

Gegeben eine *ökonomische Theorie* oder ein *ökonomisches Modell*, müssen, um *Anreizkompatibilität* sicher zu stellen, *Mechanismen* bzw. Regeln entwickelt werden, die neben der Umsetzung einer verhaltensabhängigen Entlohnung, insbesondere dafür sorgen, dass nur bei der Angabe der für den Probanden *wahren Größen*, deren *Präferenzwerte maximiert* werden (innerhalb der Entscheidungstheorie) bzw. deren *erwartete Auszahlungen maximiert* werden (durch Gleichgewichtswahl innerhalb der Spieltheorie).

Innerhalb der *Spieltheorie* ist die *Anreizkompatibilität* immer dann *sicher gestellt*, wenn mögliche *Entlohnungen* der Experimentteilnehmer an die *Spielregeln gekoppelt* sind<sup>25</sup> und *rationales Verhalten* etwa durch die *Wahl* einer dominanten oder *einer Gleichgewichtsstrategie* definiert ist.

Innerhalb der (klassischen und verhaltenswissenschaftlichen) *Entscheidungstheorie* wird bei einem Probanden üblicherweise ein *Indifferenzwert*<sup>26</sup> ermittelt, so dass zwei gegebene Lotterien für diesen *gleichwertig* sind. Damit

---

<sup>23</sup>Während die letzten beiden Forderungen (vor allem) auf die Fähigkeiten des Experimentators abzielen (hier in Form der Umsetzung dieser Ansprüche), ist die erste eine Annahme, die in einer ökonomischen Theorie selbst in Form des Anspruches nach Auszahlungsmaximierung bzw. der Annahme monoton wachsender (Geld-) Nutzenfunktionen begründet liegt.

<sup>24</sup>Man kann daher die durch die Forderungen der Induzierten Werttheorie realisierte Kontrolle des Experimentators auch als Anreizkompatibilität im engeren Sinne auffassen, während hier die Anreizkompatibilität im weiteren Sinne beschrieben wird.

<sup>25</sup>Dies bedeutet also, dass *wirklich* um reales Geld gespielt wird.

<sup>26</sup>Dabei handelt es sich entweder um Wahrscheinlichkeiten oder Auszahlungen.

hier *reale Indifferenzwerte* offenbart werden, müssen bei der *Ermittlung Mechanismen* angewendet werden, die *im Einklang mit der zugrunde gelegten* (klassischen und verhaltenswissenschaftlichen) *Theorie*, dafür „sorgen“, dass nur bei der *Angabe des wahren Wertes*, der (hypothetische) *Präferenzwert für das* (globale) *Entscheidungsproblem* in Form des Mechanismus selbst, *maximiert* wird.<sup>27</sup>

In dieser Arbeit werden *Mechanismen* betrachtet, deren (theoretische) *Anreizkompatibilität* in *Abhängigkeit der zugrunde gelegten* (klassischen und verhaltenswissenschaftlichen) *Entscheidungstheorie nachgewiesen* werden kann. Dabei handelt es sich einerseits um eine *auszahlungsabhängige Variante* einer so genannten *Intervallverfeinerungsmethode*, welche bisher nur bei hypothetischen Fragestellungen zur Anwendung kam. Andererseits wird der so genannte *Becker-DeGroth-Marshak-Mechanismus*<sup>28</sup> für die Implementierung innerhalb einer verhaltenswissenschaftlichen Entscheidungstheorie, nämlich der Kumulativen Prospekttheorie, *weiterentwickelt*.

### 1.3 Die Evaluierung entscheidungs- und spieltheoretischer Modelle

Eine *zentrale Annahme* der (klassischen oder verhaltenswissenschaftlichen) *Entscheidungstheorie* ist, dass ein Entscheider für eine *Lotterie*<sup>29</sup>

$$P = (p, x; 1 - p, y)$$

einen so genannten *Präferenzwert* „bildet“. Die Werte  $x$  und  $y$  bezeichnen *Auszahlungen* und  $p$  bzw.  $1 - p$  repräsentieren die *Wahrscheinlichkeiten* mit denen es zu diesen Auszahlungen kommt.

<sup>27</sup>Fragt man etwa einen Entscheider nach dem Wert für das Spiel bei dem man durch einen Münzwurf bei „Zahl“ 100 Euro und bei „Kopf“ nichts bekommt und gestaltet den für die Auszahlung des Probanden verantwortlichen Mechanismus in der Art, dass dieser nach Angabe des Wertes zufällig den angegebenen Wert oder das Spiel „erhält“, hätte dieser bei Zugrundelegung der Erwartungsnutzentheorie einen Anreiz, den Wert so hoch wie möglich zu bestimmen: Hier besteht ja die Chance, den erwarteten Nutzen der Auszahlung zu maximieren, d. h. man kann hier nicht damit rechnen, dass der Entscheider seinen „wahren“ Indifferenzwert angibt, falls dieser rational im Sinne der Erwartungsnutzentheorie ist. Dieser Mechanismus ist also nicht anreizkompatibel, um einen „realen“ Indifferenzwert zu ermitteln.

<sup>28</sup>Der Becker-DeGroth-Marshak-Mechanismus ist vor allem in der ökonomischen Literatur als *Random Price-Mechanismus* bekannt.

<sup>29</sup>Zur Vereinfachung seien hier nur Lotterien mit zwei Auszahlungen betrachtet, da die Anzahl der Auszahlungen für die folgende Argumentation unerheblich ist.

Der Präferenzwert für eine Theorie  $j$  sei im Folgenden mit  $V^j$  bezeichnet. Bei diesem handelt es sich um eine *mathematische Abbildung*, die *aus* einer zugrunde gelegten *Axiomatik* über die Rationalität der Entscheider *resultiert* und von *individuenspezifischen Parametern*  $\alpha_1^j, \dots, \alpha_{n_j}^j$  abhängt. Bewertet ein Entscheider beispielsweise eine Lotterie gemäß der EÜT (Erwartungsnutzentheorie), dann kann bei angenommener Nutzenbewertung gemäß einer Potenzfunktion der Präferenzwert  $V^{EUT}$  für eine Lotterie  $P$  geschrieben werden als

$$V^{EUT}(P) = p \cdot x^\alpha + (1 - p) \cdot y^\alpha,$$

für ein individuenspezifisches  $\alpha > 0$ .

Im Allgemeinen *korrespondieren unterschiedliche Theorien* oder Modelle *mit unterschiedlichen* (hypothetischen) *Präferenzwerten* für eine Lotterie. Sind etwa zwei entscheidungstheoretische Modelle bzw. Präferenzwerte  $V^A$  und  $V^B$  gegeben, dann stellt sich die Frage, welches Modell das „bessere“ ist bzw. welcher Präferenzwert das reale Entscheiderverhalten am genauesten reflektiert. Um diese Frage zu beantworten, existieren in der experimentellen Literatur im Wesentlichen drei Ansätze, deren praktische Anwendung von gegebenen (zumeist finanziellen, zeitlichen oder psychologischen) Restriktionen abhängt.

Bei einer *ersten Vorgehensweise* zur Bestimmung der Güte von  $V^A$  und  $V^B$  werden die Parameter  $\alpha_1^A, \dots, \alpha_{n_A}^A$  und  $\alpha_1^B, \dots, \alpha_{n_B}^B$  aus anderen empirischen Studien oder theoretischen Überlegungen abgeleitet.<sup>30</sup> In einem Experiment müssen die Probanden dann im einfachsten Fall zwischen zwei kritischen Lotterien  $P^A$  und  $P^B$  wählen. Die Lotterien sind dabei so konstruiert, dass Modell  $A$  mit der Lotterie  $P^A$  und Modell  $B$  mit der Lotterie  $P^B$  korrespondiert. Wird dann bezüglich einer Gleichverteilung überzufällig häufig etwa die Lotterie  $P^A$  gewählt, kann geschlussfolgert werden, dass das Modell  $A$  offensichtlich das reale Verhalten besser beschreibt als das Modell  $B$ . Die individuenspezifischen Parameter  $\alpha_1^A, \dots, \alpha_{n_A}^A$  und  $\alpha_1^B, \dots, \alpha_{n_B}^B$  werden hier also nicht gemessen, sondern liegen nur „per Annahme“ vor. Gegeben diese Parameter, ist das (ausschließliche) Ziel, spezifische entscheidungstheoretische Modelle zu evaluieren, dass heißt derartige Studien *bestehen nur aus einem Evaluierungsteil*.

Bei einer *zweiten Vorgehensweise* liegt der Schwerpunkt auf der Genauig-

---

<sup>30</sup>Beispielsweise in den Studien von Camerer (1989) und Battalio, Kagel und Jiranyakul (1990).

keit der Parameter  $\alpha_1^A, \dots, \alpha_{n_A}^A$ . Experimentelle Studien mit diesem Anspruch bestehen meist *nur aus* einem *Messteil*:<sup>31</sup> Dort wird den Probanden z. B. eine Folge von Lotterien  $P_1^A, \dots, P_m^A$  vorgegeben und diese müssen eine Folge von Sicherheitsäquivalenten<sup>32</sup>  $z_1, \dots, z_m$  angeben. Aus den Indifferenzbeziehungen

$$\begin{aligned} V^A(P_1^A) &= V^A(z_1) \\ &\vdots \\ V^A(P_m^A) &= V^A(z_m) \end{aligned}$$

werden dann die Parameter  $\alpha_1^A, \dots, \alpha_{n_A}^A$  mit Hilfe (nichtlinearer) Regressionen geschätzt. Als Gütemaß für das Modell  $A$  dient jetzt das Bestimmtheitsmaß oder der Mittlere Quadratische Fehler. Dieser Ansatz ist vergleichsweise aufwendig, da die Anzahl  $m$  der Sicherheitsäquivalent-Abfragen größer sein muss, als die Anzahl  $n_A$  der Modellparameter.

Eine *dritte Vorgehensweise* besteht in einer *Kombination* aus *Mess-* und *Evaluierungsteil*:<sup>33</sup> Im Messteil werden für zwei Modelle  $A$  und  $B$  zunächst die Parameter  $\alpha_1^A, \dots, \alpha_{n_A}^A$  und  $\alpha_1^B, \dots, \alpha_{n_B}^B$  bestimmt. Im Evaluierungsteil sollen die Teilnehmer dann wiederum kritische Lotterien  $P^A$  und  $P^B$  bewerten (oder eine bestimmen, die für sie ausgespielt wird). Auch hier identifiziert  $P^A$  das Modell  $A$  und  $P^B$  das Modell  $B$ .

Die *Vorgangsweise in dieser Arbeit* basiert auf einem Mess-, Erfahrungs- und Evaluierungsteil:

- Im *Messteil* werden anreizkompatibel die Parameter bestimmt. Dies geschieht nicht mit Hilfe nichtlinearer Regressionen (diese sind aufgrund des zeitlichen und psychologischen Aufwands bei der anreizkompatiblen Gestaltung der Erhebungsverfahren nicht anwendbar), sondern es wird die so genannte Tradeoff-Methode im Sinne von Wakker und Deneffe (1996) bzw. Abdellaoui (2000) angewendet, da bei dieser eine Parameterreduktion erreicht werden kann<sup>34</sup>. Statt der Bestimmung einer auf dem gesamten Intervall  $[0, 1]$  definierten Wahrscheinlichkeitsgewichtungsfunktion wird die (verzerrte) Risikowahrnehmung im Sinne der CPT nur für eine feste Wahrscheinlichkeit gemäß der Vorgehensweise von Currim und Sarin (1989) ermittelt.

<sup>31</sup>Siehe beispielsweise Smidts (1997).

<sup>32</sup>Das Sicherheitsäquivalent ist diejenige sichere Auszahlung, bei der ein Entscheider indifferent zwischen dieser und der jeweiligen Lotterie ist.

<sup>33</sup>Siehe etwa Currim und Sarin (1989).

<sup>34</sup>Die Risikowahrnehmung wird bei einem Lotterievergleich „ausgeblendet“.

- Im *Erfahrungsteil* machen die Teilnehmer eine (zufallsbedingte) Gewinn- bzw. Verlusterfahrung.
- Abschließend werden anreizkompatibel Indifferenzangaben für Lotterievergleiche generiert. Die *Modellevaluierung* erfolgt dann durch den Vergleich des durch ein spezifisches Modell prognostizierten (hypothetischen) Präferenzwertes mit dem Präferenzwert, der auf der konkreten Angabe basiert.

In einer einfachen *Spielsituation*<sup>35</sup> wählen die Teilnehmer üblicherweise ein Element aus einer Strategiemenge  $S = \{S_A, S_B\}$ . Sind die Spiele dabei so konstruiert, dass die Strategie  $S_A$  mit einem spieltheoretischen Modell  $A$  und die Strategie  $S_B$  mit einem spieltheoretischen Modell  $B$  korrespondiert<sup>36</sup>, dann kann die Modellevaluierung wie in Entscheidungssituationen auf dem Argument einer (bezüglich einer Gleichverteilung) überzufälligen Strategiewahl erfolgen.

*Innerhalb dieser Arbeit* hängen die Strategiewahlen sowohl von individuen-spezifischen Parametern als auch von verschiedenen spieltheoretischen Ansätzen ab. Auf einen *Messteil* muss aufgrund zeitlicher Restriktionen *verzichtet* werden. Vielmehr werden *Strategiewahlen nach* einer Gewinn- oder Verlusterfahrung bezüglich aller relevanten Annahmen und spieltheoretischer Ansätze in folgender Art *prognostiziert*: Die Teilnehmer können in jeder Runde eine prozentuale Wahrscheinlichkeit aus dem „diskretisierten Intervall“  $I = \{0, 1, \dots, 100\}$  wählen. Dabei korrespondieren verschiedene disjunkte Teilintervalle  $I_i$  aus  $I$  mit verschiedenen alternativen spieltheoretischen Ansätzen. Werden bestimmte Teilintervalle aus  $I$  bezüglich einer Gleichverteilung überzufällig häufig gewählt, dann kann dieses Modell nicht als falsifiziert angesehen werden, dass heißt, das Modell für dessen Intervall die (überzufällig) meisten Strategiewahlen gezählt werden, gilt als das „beste“.

Eine erste *Visualisierung* für die Identifikation von Modellverhersagen besteht darin, die *Häufigkeitsverteilungen* über Teilintervalle des Einheitsintervalls zu *betrachten*. *Problematisch* in diesem Zusammenhang ist jedoch, dass bei einer derartigen Analyse die *Information* darüber *verloren geht*, dass bei (mehrfachen) *zufälligen Entscheidungen* der Spieler *Intervalle unterschiedlicher Länge* auch mit *unterschiedlichen Wahrscheinlichkeiten* gewählt werden

---

<sup>35</sup>Zur Vereinfachung sei hier wieder zunächst angenommen, dass dem Spieler genau zwei Strategien zur Verfügung stehen.

<sup>36</sup>Siehe etwa Studien zur Gleichgewichtsauswahl: Dort identifiziert  $S_A$  eine Gleichgewichtsstrategie, die dem spieltheoretischen Ansatz der *Risikodominanz* und  $S_B$  eine Gleichgewichtsstrategie die dem spieltheoretischen Ansatz der *Auszahlungsdominanz* genügt.



(können). Betrachtet man etwa die *Theorie*  $M_i$  mit dem *korrespondierenden Intervall*  $I_i$  mit *Länge*  $l_i$  und *Theorie*  $M_j$  mit dem *korrespondierenden Intervall*  $I_j$  mit *Länge*  $l_j$  und ist  $l_i > l_j$ , dann würde die *erwartete Anzahl für Wahlen* in  $I_i$  *größer* sein als die *erwartete Anzahl von Wahlen* in  $I_j$ , wenn man unterstellt, dass jeder *Intervallpunkt* aus  $\{0, 1, \dots, 100\}$  mit *derselben Wahrscheinlichkeit* gewählt wird.

Um Aussagen über die *Qualität eines Modells*  $M_i$  zu machen, wird daher wie folgt vorgegangen: Aus den *Längen der entsprechenden Intervalle* wird die *bezüglich einer Gleichverteilung erwartete Anzahl*  $E_i$  von Entscheidungen im Intervall  $I_i$  berechnet. Bezeichnet  $n$  die *Gesamtzahl an Strategiewahlen* und  $P_i = \frac{l_i}{101}$  die *Wahrscheinlichkeit*, dass eine Strategiewahl in  $I_i$  stattfindet, dann gilt:  $E_i = n \cdot P_i$ .

Jetzt wird das folgende *Maß* betrachtet:<sup>37</sup>

$$r_i = \frac{m_i}{n \cdot P_i}.$$

Dieses beschreibt das *Verhältnis zwischen der beobachteten Anzahl*  $m_i$  *und der erwarteten Anzahl* von Strategiewahlen:

- Liegt eine *Gleichverteilung* bei den beobachteten Strategiewahlen vor, dann ist  $r_i$  identisch Eins. Das Modell  $M_i$  muss in diesem Fall als *falsifiziert* angesehen werden.
- Wenn  $r_i > 1$  gilt, dann *unterstützt* dies die mit dem entsprechenden Intervall korrespondierende *Modellprognose*, d. h. das Modell  $M_i$  kann *nicht falsifiziert* werden.
- Für  $r_i < 1$  liegen weniger Strategiewahlen als (bezüglich einer Gleichverteilung) erwartet in diesem Intervall. In diesem Fall wird die zugrunde liegende *Modellprognose nicht unterstützt*. Das Modell  $M_i$  muss in diesem Fall als *falsifiziert* angesehen werden.

Damit ist ein (nicht falsifiziertes) *Model*  $M_i$  *genau dann besser als* ein (nicht falsifiziertes) *Modell*  $M_j$ , *falls*  $r_i > r_j$  gilt.

Ein weiteres *wichtiges Kriterium* bei der Evaluierung entscheidungs- und spieltheoretischer Modelle ist die „*Perspektive*“ aus der die Güte beurteilt

---

<sup>37</sup>Alternativ könnte man auch über die erwartete und die beobachtete Anzahlen argumentieren. Der Vorteil des Maßes  $r_i$  besteht aber darin, dass man direkt ablesen kann, um das Wievielfache der erwartete Wert über- bzw. unterschritten wird.

wird.

So könnte man einem Probanden (evt. nach einem Messteil) *mehrere Entscheidungsprobleme* vorlegen oder das *Verhalten in einer Spielsituation wiederholt*, in mehreren Runden, *messen*. Bei diesem Ansatz würde die *Modellgüte auf einer individuellen Ebene* ermittelt, da hier der Frage nachgegangen werden würde, welches Modell das Verhalten in der Realität aus der Sicht eines Teilnehmers am genauesten prognostiziert.

Mit Hilfe solcher Messergebnisse kann dann untersucht werden, welcher *Ansatz aus der Sicht einer ganzen Population* (d. h. über alle Teilnehmer) am geeignetsten ist, um das Verhalten vorherzusagen. (Etwa indem man vergleicht, ob „im Mittel“ die Vorhersagegüte für ein Modell *A* höher ist, als für ein Modell *B*.) In diesem Fall würde man wohl von einer *aggregierten* Sicht sprechen.

In dieser Arbeit wird der *Schwerpunkt auf der aggregierten Perspektive* liegen: In Entscheidungssituationen werden Modelle für das „mittlere“ Verhalten bzw. für die zentrale Tendenz eines Gütekriteriums miteinander verglichen. In den Spielsituationen wird über die Anzahl der Strategiewahlen aller Teilnehmer (bzw. geschlechtsspezifisch) argumentiert.

## 1.4 Der weitere Aufbau der Arbeit

Nach den vorherigen einführenden Bemerkungen gliedert sich der weitere Aufbau der Arbeit wie folgt:

Im zweiten Kapitel werden zunächst die theoretischen Grundlagen für die *Aggregationsproblematik in Entscheidungssituationen* dargelegt, welche dann anhand zweier anreizkompatibler Laborexperimente getestet werden. Die verwendeten Mechanismen zur Ermittlung von Indifferenz-Aussagen sind dabei insofern neu, als dass innerhalb des theoretischen Rahmens die Anreizkompatibilität nachgewiesen werden kann.

Das dritte Kapitel widmet sich *Aggregationseffekten in Spielen* mit multiplen Gleichgewichten. Nach der Darstellung der entsprechenden Modelle und Überlegungen bezüglich einer Gleichgewichtsauswahltheorie, werden im Anschluss die empirischen Resultate zweier Experimente und ein Vergleich mit anderen empirischen Studien präsentiert.

Im vierten Kapitel werden mögliche *Implikationen* für die betriebswirtschaftliche und ökonomische *Praxis* diskutiert und im letzten Kapitel werden *theoretische Grundlagen* für die weitere (empirische) Forschung aufgezeigt bzw. zur Disposition gestellt.

# Kapitel 2

## Gewinn- und Verlusterfahrungen in spezifischen Entscheidungssituationen

Gegenstand dieses Kapitels ist zunächst die Darstellung bisherige Ergebnisse der Forschung im Zusammenhang mit der Wahrnehmung und Verarbeitung riskanter Entscheidungsprobleme. Dabei wird die „klassische“ *Erwartungsnutzentheorie* in der *Axiomatisierung* von Hammond (1998) im Mittelpunkt stehen. Die dort aufgeführten *Axiome* beinhalten mathematische *Anforderungen* an die *Rationalität* eines Entscheiders (Abschnitt 2.1). Da diese *Rationalitätspostulate* nur *bedingt im Einklang mit* dem in der *Realität* zu beobachteten Verhalten stehen, wird sich weiterführend mit einer speziellen *verhaltenswissenschaftlichen Entscheidungstheorie*, der Kumulativen Prospekttheorie (CPT), beschäftigt. *Auch diese* kann formal *axiomatisiert* werden, allerdings *unter der Berücksichtigung* von Aspekten des *realen* menschlichen Verhaltens.

*Basierend* auf der bisher modernsten *Axiomatisierung* der CPT für riskante Entscheidungsprobleme von Wakker und Zank (2002) wird im Abschnitt 2.2 ein *Aggregationsmodell* *abgeleitet*, in welchem die *Verarbeitung von Gewinn- und Verlusterfahrungen mit zukünftigen Auszahlungen* in riskanten Entscheidungssituationen *theoretisch abgebildet* ist.

Die *empirische Relevanz* der *theoretischen Vorhersagen* bzw. deren *Genauigkeit* widmen sich die Ausführungen in 2.3 bzw. 2.4 in Form der *Beschreibung* und der *Analyse* zweier *anreizkompatibler Laborexperimente*.

Abschließend werden *beide Experimente untereinander verglichen* (Abschnitt 2.5) und im letzten Abschnitt wird der Versuch unternommen, die *gefundenen Resultate in Beziehung zu alternativen Studien* innerhalb der einschlägigen Literatur zu *setzen*.

## 2.1 Das riskante Entscheidungsproblem aus klassischer und verhaltenswissenschaftlicher Sicht

Dieser Unterabschnitt widmet sich zunächst der *formalen Darstellung* der *Erwartungsnutzentheorie* (EUT) und einer sowohl *intuitiven* als auch *axiomatisch fundierten Beschreibung der CPT*. Die dabei *definierten Axiome* dienen als *Ausgangspunkt* für die *spätere Modellierung*, welche die Verarbeitung vorheriger Gewinn- und Verlusterfahrungen zusätzlich berücksichtigt.

### 2.1.1 Erwartungsnutzentheorie

Betrachtet man den Auszahlungsraum  $X(= \mathbb{R}^n)^1$  und die Menge  $\mathcal{P}$  aller *endlichen, diskreten Wahrscheinlichkeitsverteilungen* über  $X$ , d. h. für eine Verteilung (*Alternative, Lotterie, Prospekt*)  $P \in \mathcal{P}$  gilt:

$$P := (p_1, x_1, \dots, p_n, x_n) \text{ mit } \sum_{j=1}^n p_j = 1 \text{ und } p_j \geq 0 \forall j = 1, \dots, n.$$

Dann versteht man unter einem *riskanten*<sup>2</sup> *Entscheidungsproblem*, aus einer endlichen Folge  $P^1, \dots, P^m \in \mathcal{P}$  diejenigen Lotterien auszuwählen, die für den Entscheider „nutzenmaximal“ sind. In so genannten *normativen Ansätzen*<sup>3</sup> bedeutet dies die Erfüllung der sogenannten *Erwartungsnutzentheoriehypothese* (EU-Hypothese<sup>4</sup>). Diese fordert die Existenz einer *von Neumann-*

---

<sup>1</sup>Wie im ersten Kapitel bemerkt, sollen in dieser Arbeit ausschließlich monetäre Auszahlungen betrachtet werden.

<sup>2</sup>Unter Risiko soll hier die durch die Verteilungen quantifizierte Unsicherheit im Sinne von Knight (1921) verstanden werden.

<sup>3</sup>Diese Ansätze gehen im Wesentlichen auf die Arbeiten von John von Neumann und Oscar Morgenstern zurück. Einen umfassenden Überblick über die historische Entwicklung normativer Modelle findet man beispielsweise in Hammond (1998).

<sup>4</sup>Die Abkürzung resultiert aus der englischen Bezeichnung für Erwartungsnutzen: *Expected Utility*.

*Morgenstern-Nutzenfunktion* (NMUF<sup>5</sup>)  $u : X \rightarrow \mathbb{R}$ , so dass das Optimierungsproblem

$$(EUP) \quad \max_{P^1, \dots, P^m} \{U(P^i)\} \quad (2.1)$$

mit

$$U(P^i) := \sum_{j=1}^{n_i} p_j^i \cdot u(x_j^i), \quad (2.2)$$

(mindestens) eine Lösung hat. Dabei bezeichnet der *Index*  $n_i$  in (2.2) die *Anzahl der von Null verschiedenen Wahrscheinlichkeiten* in  $P^i$  und  $x^i = (x_1^i, \dots, x_{n_i}^i)$  repräsentiert den entsprechenden *Auszahlungs-* und  $p^i = (p_1^i, \dots, p_{n_i}^i)$  den *Verteilungsvektor*.

Folgt man etwa der (modernen) Axiomatisierung von Hammond (1998), dann wird die EU-Hypothese erfüllt, wenn ein Entscheider den folgenden Axiomen genügt:

**Axiom 1 „Ordnung“ (O).** Unter dem *Ordnungsaxiom* versteht man die Forderung nach einer vollständigen und transitiven Präferenzordnung „ $\succsim$ “ auf  $\mathcal{P}$ , so dass 2.2 erfüllt wird. **Vollständigkeit (V)** bedeutet dabei, dass ein Entscheider für alle Lotterien  $P^1, P^2$  angeben kann, ob  $P^1 \succ P^2$  oder  $P^1 \prec P^2$  oder  $P^1 \sim P^2$  gilt.<sup>6</sup> **Transitivität (T)** bedeutet: Aus  $P^1 \succ P^2$  und  $P^2 \succ P^3$  folgt  $P^1 \succ P^3$ .

**Axiom 2 „Unabhängigkeit“ (U).** Für drei Lotterien  $P^1, P^2, P^3 \in \mathcal{P}$  und ein  $t \in (0, 1)$  soll gelten:

$$P^1 \succ P^2 \implies t \cdot P^1 + (1 - t) \cdot P^3 \succ t \cdot P^2 + (1 - t) \cdot P^3. \quad (2.3)$$

**Axiom 3 „Stetigkeit“ (S).** Für drei Lotterien  $P^1, P^2, P^3 \in \mathcal{P}$  mit  $P^1 \succ P^2$  und  $P^2 \succ P^3$  sollen stets Zahlen  $t_1, t_2 \in (0, 1)$  existieren, so dass

$$t_1 \cdot P^1 + (1 - t_1)P^3 \succ P^2 \text{ und } P^2 \succ t_2 \cdot P^1 + (1 - t_2)P^3 \succ P^2. \quad (2.4)$$

**Theorem 1** Es seien die Axiome O, U und S erfüllt. Dann existiert eine eindeutige Klasse kardinal äquivalenter NMUF's  $u : X \rightarrow \mathbb{R}$ , so dass für  $P^1, P^2 \in \mathcal{P}$  gilt:

$$P^1 \succsim P^2 \iff U(P^1) \geq U(P^2). \quad (2.5)$$

<sup>5</sup>Aus dem Englischen: *von Neumann-Morgenstern Utility Function*. Diese Abbildung ist per Annahme konvex oder konkav und streng monoton wachsend.

<sup>6</sup>Dabei bedeutet  $P^1 \succ P^2$ , dass die Lotterie  $P^1$  für den Entscheider „besser“ als die Lotterie  $P^2$  ist und  $P^1 \sim P^2$ , dass der Entscheider gerade indifferent zwischen  $P^1$  und  $P^2$  ist.

**Beweis.** Siehe Theorem 4.8 in Hammond (1998), S. 163.

Die *Äquivalenz* in 2.5, also insbesondere der Zusammenhang zwischen der Präferenzrelation „ $\succ$ “ (*besser*) und „ $>$ “ sowie zwischen der Präferenzrelation „ $\sim$ “ (*indifferent*) und „ $=$ “, *sichert* dabei die in der experimentellen Literatur übliche Vorgehensweise zur *Messung der Risikoeinstellung* bzw. *Generierung* einer parametrisierten *Nutzenfunktion*<sup>7</sup>. Außerdem ist die Menge  $\mathcal{P}$  konvex<sup>8</sup>, was impliziert, dass jede *Konvexkombination* (*verkettete Lotterie*)  $t \cdot P^1 + (1 - t) \cdot P^2$  mit  $t \in [0, 1]$  in  $\mathcal{P}$  enthalten ist<sup>9</sup> und im Zusammenhang mit (2.2) bedeutet:

$$U(t \cdot P^1 + (1 - t) \cdot P^2) = t \cdot U(P^1) + (1 - t) \cdot U(P^2) \quad (2.6)$$

$$= \sum_{j=1}^{n_1} t \cdot p_j^1 \cdot u(x_j^1) + \sum_{j=1}^{n_2} (1 - t) \cdot p_j^2 \cdot u(x_j^2). \quad (2.7)$$

Mit anderen Worten: Innerhalb der *Erwartungsnutzentheorie* wird gefordert, dass Menschen dazu in der Lage sind, *verkettete Lotterien* „linear“ zu *verarbeiten*. Dass dies *kritisch* ist, zeigen z. B. zahlreiche experimentelle Studien zur *Präferenzumkehr*<sup>10</sup> im Zusammenhang mit den Analysen von Karni und Safra (1987)<sup>11</sup>. Ebenso veranlassten die Entscheidungstheoretiker die schon durch Allais (1953) und Ellsberg (1961) aufgedeckten berühmten *Paradoxien zur Verletzung des Unabhängigkeitsaxioms* zur Entwicklung alternativer Ansätze<sup>12</sup>. Dabei hat sich die *Prospekttheorie*<sup>13</sup> (PT) bzw. *Kumulative Prospekttheorie*<sup>14</sup> (CPT) von Daniel Kahneman und Amos Tversky besonders etabliert und soll auch Ausgangspunkt für die Modellierung in dieser Arbeit sein.

### 2.1.2 Die Prospekttheorie

Der PT als ein Vertreter der sogenannten „*Generalized Expected Utility Theories*“ bzw. *verhaltenswissenschaftlichen Entscheidungstheorien* liegen im Gegensatz zur EUT folgende Annahmen über das Entscheiderverhalten zugrunde:<sup>15</sup>

<sup>7</sup>Für einen allgemeinen Überblick verschiedener Methoden siehe etwa Farquhar (1984).

<sup>8</sup>Für eine allgemeine Definition siehe Anhang A.

<sup>9</sup>Vgl. auch Hammond (1998), S. 148-149.

<sup>10</sup>Für eine Übersicht solcher Studien siehe z. B. Grether und Plott (1979).

<sup>11</sup>Diese Autoren belegen, dass die Ursache für Präferenzwechsel gerade in der nicht-linearen Verarbeitung verketteter Lotterien begründet liegen kann.

<sup>12</sup>Für einen umfassenden Überblick siehe Sugden (2004) und Schmidt (2004).

<sup>13</sup>Kahneman und Tversky (1979).

<sup>14</sup>Tversky und Kahneman (1992).

<sup>15</sup>Vgl. auch Steul (2003) bzw. Jungermann, Pfister und Fischer (2005).

1. Der Entscheidungsprozess unterteilt sich in eine *Editing-* und *Evaluierungsphase*.
2. Die NMUF wird durch eine sogenannte *Wertfunktion* ersetzt.
3. Die Wahrscheinlichkeiten werden gemäß einer so genannten *Gewichtungsfunktion* transformiert.

Die Verarbeitung einer Lotterie erfolgt zweistufig: Ziel der *Editingphase* ist es, „to organize and reformulate the options so as to simplify subsequent evaluation and choice“.<sup>16</sup> Dabei legt der Entscheider einen Referenzpunkt (das derzeitige Vermögen oder Wohlfahrtslevel) fest, anhand dessen er die Konsequenzen einer Lotterie bewertet. Dieses Vorgehen bezeichnen Kahneman und Tversky auch als *Coding*. Sichere Beträge, die in allen Auszahlungen einer Lotterie vorkommen werden abgetrennt (*Segregation*). Die Wahrscheinlichkeiten für das Eintreten identischer Auszahlung werden addiert (*Combination*). Außerdem bleiben identische Bestandteile mehrerer Lotterien unberücksichtigt (*Cancellation*).

In der *Evaluierungsphase* wird für jede Lotterie ein subjektiver Wert bestimmt und diejenige mit dem maximalen Wert ausgewählt. Die Bewertung der Auszahlungen (*Ergebniswahrnehmung*) erfolgt dabei bezüglich einer streng monoton wachsenden *Wertfunktion*  $v : X \rightarrow \mathbb{R}$ , welche *nicht* den Wert bzw. den Nutzen einer als *Endvermögensgröße* gegebenen Ergebnisses angibt, *sondern* die *Auszahlungen* einer Lotterie werden *relativ zu* einem zuvor bestimmten *Referenzpunkt* bewertet. Auszahlungen die „rechts“ vom Referenzpunkt liegen werden als *Gewinne*, solche die „links“ vom Referenzpunkt liegen als *Verluste* codiert. Grundsätzlich kann sich der Verlauf von  $v$  im Gewinnbereich von dem Verlauf im Verlustbereich unterscheiden.<sup>17</sup>

Mathematisch wird der *Referenzpunkt* also mit dem *Koordinatenursprung* identifiziert. In ihrem 1992-iger Artikel haben Tversky und Kahneman diese Abbildung durch

$$v(x) = \begin{cases} x^\alpha & \text{für } x \geq 0 \\ -\lambda \cdot (-x)^\beta & \text{für } x < 0 \end{cases} \quad (2.8)$$

parametrisiert und schätzen für den *Medianentscheider*  $\alpha \approx \beta \approx 0.88$  und  $\lambda \approx 2.25$ . Der *konkave Verlauf* im Gewinnbereich impliziert *Risikoaversion* und der *konvexe Verlauf* im Verlustbereich *Risikofreude*. Darüber hinaus

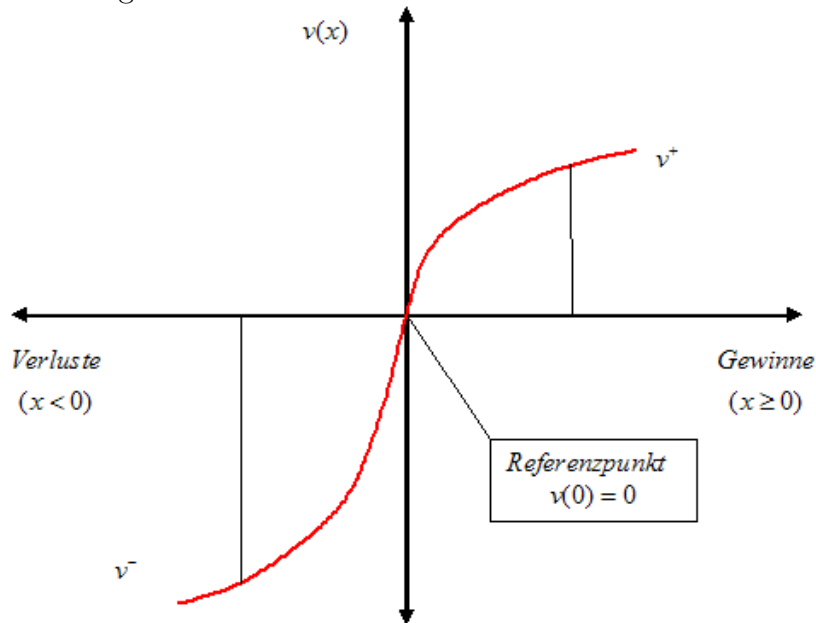
<sup>16</sup>Kahneman und Tversky (1979), S. 274.

<sup>17</sup>Es wird aber angenommen, dass dieser entweder konvex oder konkav für die jeweilige Halbachse  $\mathbb{R}_+$  bzw.  $\mathbb{R}_-$  ist.



repräsentiert  $\lambda > 1$  *Verlustaversion*, was bedeutet, dass der Wert eines Gewinns kleiner ist als der absolute Wert eines betragsmäßig gleichen Verlusts, d. h. Verluste werden stärker berücksichtigt als Gewinne. In Abbildung 2.1 ist dieser Zusammenhang tendenziell dargestellt. Es sei an dieser Stelle jedoch ausdrücklich darauf hingewiesen, dass aus individueller Sicht durchaus Abweichungen von diesen Tendenzen zulässig und zu erwarten sind.<sup>18</sup>

Abbildung 2.1: Die Wertfunktion eines Median-Entscheidungers.



Quelle: Eigene Darstellung.

Die *Risikowahrnehmung* erfolgt gemäß der PT durch eine *Transformation*  $\pi : [0, 1] \rightarrow [0, 1]$  der in der Lotterie gegebenen *Wahrscheinlichkeiten*. Basierend auf verschiedenen empirischen Resultaten und mit dem Anspruch, speziell aufgetretene Anomalien bezüglich der EUT berücksichtigen zu können, postulieren Kahneman und Tversky (1979) spezifische Eigenschaften dieser Transformation: *Sprungstellen* in den Endpunkten 0 und 1, *Übergewichtung* ( $\pi(p) > p$ ) kleiner und *Untergewichtung* ( $\pi(p) < p$ ) großer Wahrscheinlichkeiten, *Subadditivität* ( $\pi(p_1 \cdot p_2) > p_1 \cdot \pi(p_2)$ ) kleiner Wahrscheinlichkeiten, *Subsicherheit* ( $\pi(p) + \pi(1-p) < 1$ ) und *Subproportionalität* ( $\pi(p_1 \cdot p_2) \cdot \pi(p_1 \cdot p_3) \leq (p_1 \cdot p_2 \cdot p_3) \cdot \pi(p_1)$ ). Als Präferenzwert  $V^{PT}$  für eine gegebene, sogenannte *reguläre Lotterie*  $P = (p, x_1, 1-p, x_2)$  mit  $x_1 > x_2 > 0$  (oder  $x_1 < x_2 < 0$ )

<sup>18</sup>Siehe z. B. Abdellaoui (2000).

ergibt sich dann:

$$V^{PT}(P) := \pi(p) \cdot v(x_1) + (1 - \pi(p)) \cdot v(x_2). \quad (2.9)$$

Eine *experimentelle Überprüfung* der Eigenschaften der Wert- und Gewichtungsfunktion erfolgte z. B. durch Currim und Sarin (1989): In einem „Mess-  
teil“ wurden dort zunächst die Modellparameter für die EUT bzw. PT be-  
stimmt, um dann die Vorhersagequalität beider Modelle in einem „Evalu-  
ierungsteil“ zu überprüfen. Die Eigenschaften der Wert- und Gewichtungsfunktion konnten dabei weitgehend bestätigt werden.<sup>19</sup> Weiterhin war die  
Prognose für Lotterien, die sich am Alais-Paradox anlehnen, für die PT si-  
gnifikant besser als für die EUT.<sup>20</sup>

Auch in *jüngeren Studien*<sup>21</sup> wurden die *Charakteristika der Wert- und Ge-  
wichtungsfunktion* empirisch *validiert*. Allerdings zeigte sich, dass die *Trans-  
formation* der Wahrscheinlichkeiten für *Gewinne* sich von der für *Verluste*  
*unterscheidet*. Ein weiterer *Kritikpunkt* an der PT besteht in dem Fakt, dass  
diese *nur für reguläre Lotterien* definiert ist.

Besonders „dramatisch“ wird von den Entscheidungstheoretikern allerdings  
die Tatsache empfunden, dass für bestimmte Lotterien innerhalb der PT das  
*Prinzip der stochastischen Dominanz*<sup>22</sup> verletzt werden kann.

### 2.1.3 Die Kumulative Prospekttheorie

Die sogenannten *rangplatzabhängigen Nutzentheorien* (RDU-Theorien<sup>23</sup>) für  
riskante<sup>24</sup> und unsichere<sup>25</sup> Entscheidungen *sichern das Prinzip der stochas-  
tischen Dominanz*. Außerdem wird in diesen Theorien unterstellt, dass die  
Bewertung des Nutzens von Auszahlungen nicht unabhängig von deren Ein-  
trittswahrscheinlichkeiten geschieht.

Tversky und Kahneman (1992) adaptieren einen solchen RDU-Ansatz zur  
Gestaltung ihrer *Kumulativen Prospekttheorie für allgemeine Lotterien*  $P =$

---

<sup>19</sup>Die Wertfunktion wurde hier durch eine auf den Wertebereich  $[0,1]$  normierte expo-  
nentielle Wertfunktion parametrisiert. Siehe dazu auch Kapitel 3.

<sup>20</sup>Für andere Alternativen unterschied sich die Prognosegüte zwischen PT und EUT  
nicht signifikant.

<sup>21</sup>Siehe etwa Wu und Gonzalez (1996) und Wakker und Deneffe (1996).

<sup>22</sup>Für eine formale Definition siehe nächster Abschnitt.

<sup>23</sup>Aus dem Englischen: *Rank Dependent Utility*.

<sup>24</sup>Siehe Quiggin (1982), Quiggin (1992) und Yaari (1987).

<sup>25</sup>Siehe Schmeidler (1989).

$(p_1, x_1, \dots, p_l, x_l, 0, p_{l+1}, x_{l+1}, \dots, p_n, x_n)$ . Hier wird zunächst o.B.d.A.<sup>26</sup> angenommen, dass die Auszahlungen einer Lotterie geordnet vorliegen:

$$x_1 > \dots > x_l > 0 > x_{l+1} > \dots > x_n.$$

Die Entscheidungsgewichte sind jetzt definiert durch das kumulative Funktional:

$$\pi_j := w \left( \sum_{i=1}^j p_i \right) - w \left( \sum_{i=1}^{j-1} p_i \right) \quad (2.10)$$

für alle  $j$ . Dabei ist die *Gewichtungsfunktion*  $w \in \{w^-, w^+\}$ , d. h. für den Verlust- und Gewinnbereich unterschiedlich:

$$\pi_j^+ := w^+ \left( \sum_{i=1}^j p_i \right) - w^+ \left( \sum_{i=1}^{j-1} p_i \right) \quad \forall j \leq l, \quad (2.11)$$

$$\pi_j^- := w^- \left( \sum_{i=1}^n p_i \right) - w^- \left( \sum_{i=j+1}^n p_i \right) \quad \forall j > l. \quad (2.12)$$

Es wird für  $w^-, w^+ : [0, 1] \rightarrow [0, 1]$  *Stetigkeit* und *streng wachsende Monotonie* unterstellt. Der typische Verlauf für einen Medianentscheider im Gewinnbereich ( $\delta^+ \approx 0.69$ ) und Verlustbereich ( $\delta^- \approx 0.61$ ) gemäß der Parametrisierung<sup>27</sup>

$$w(p) = \frac{p^\delta}{(p^\delta + (1-p)^\delta)^{\frac{1}{\delta}}}, \quad \text{mit } \delta \in \{\delta^-, \delta^+\}, w \in \{w^-, w^+\}, \quad (2.13)$$

ist in Abbildung 2.2 dargestellt.

Unter Beibehaltung der PT-Wertfunktion  $v$  ergibt sich als *Präferenzwert*  $V^{CPT}$  für eine Lotterie  $P$ :

$$V^{CPT}(P) := \sum_{j=1}^l \pi_j^- \cdot v(x_j) + \sum_{j=l+1}^n \pi_j^+ \cdot v(x_j). \quad (2.14)$$

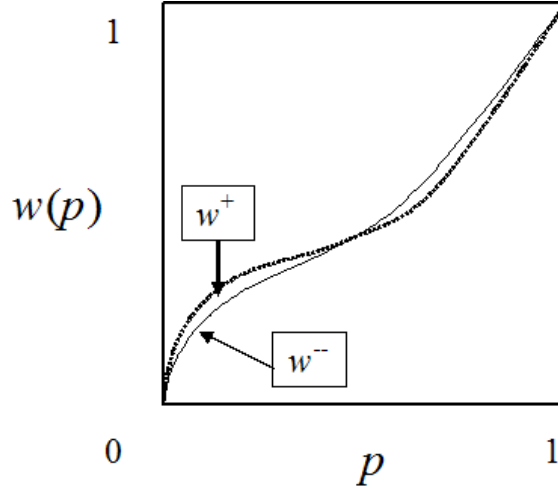
Wenn man jetzt in Anlehnung an die Ausführungen in Abschnitt 2.1.1 eine *CPT-“Hypothese“* formulieren wollte, dann müsste diese beinhalten, dass es eine *eindeutig bestimmte Wahrscheinlichkeitsgewichtungsfunktion* und eine bis auf die Multiplikation mit einer positiven Konstanten *eindeutige Wertfunktion*<sup>28</sup> gibt, so dass ein *Entscheider* aus einer gegebenen Folge von *Lotterien*

<sup>26</sup>o.B.d.A.: „ohne Beschränkung der Allgemeinheit“.

<sup>27</sup>Siehe Tversky und Kahneman (1992).

<sup>28</sup>Man beachte, dass die Referenzpunktabhängigkeit stets  $v(0) = 0$  impliziert.

Abbildung 2.2: Gewichtungsfunktionen eines Median-Entscheiders.



Quelle: Eigene Darstellung.

stets diejenige (diejenigen) *auswählt*, die den *Präferenzwert*  $V^{CPT}$  in 2.14 *maximiert*.

Unter welchen Bedingungen diese CPT-Hypothese befriedigt werden kann, wurde in der Literatur mehrfach untersucht. So leiten Tversky und Kahneman (1992), Wakker und Tversky (1993), Wakker (1994), Wakker und Zank (1997), Chateuneuf und Wakker (1999) und Zank (2001) etwa *Axiomensysteme* ab, die die *Erfüllbarkeit garantieren*<sup>29</sup>.

Bei den später in diesem Kapitel dargestellten experimentellen Studien wird die *Wertfunktion* durch *Potenzfunktionen parametrisiert*. Daher soll in dieser Arbeit das Axiomensystem von Wakker und Zank (2002) zugrunde gelegt werden. Dieses beinhaltet die folgenden Axiome:

**Axiom 4 „Schwache Ordnung“ (SO).** *Darunter versteht man die Forderung nach einer vollständigen und transitiven Präferenzordnung „ $\succsim$ “ auf  $\mathcal{P}$ , so dass 2.14 erfüllt wird. **Vollständigkeit** (V) bedeutet dabei, dass ein Entscheider für alle Lotterien  $P^1, P^2$  angeben kann, ob  $P^1 \succ P^2$  oder  $P^1 \prec P^2$  oder  $P^1 \sim P^2$  gilt. **Transitivität** (T) bedeutet: Aus  $P^1 \succ P^2$  und  $P^2 \succ P^3$  folgt  $P^1 \succ P^3$ .*

<sup>29</sup>In den beiden zuletzt genannten Quellen geschieht dies sogar unter der Spezifikation der Wertfunktion durch einen funktionalen „Typ“.

**Axiom 5 „Stochastische Dominanz“ (SD).** Die Präferenzrelation genügt dem Prinzip der stochastischen Dominanz, falls für zwei Lotterien  $P^1 = (p_1, x_1; \dots; p_n, x_n)$  und  $P^2 = (p_1, y_1; \dots; p_n, y_n)$  die Relation  $P^1 \succ P^2$  genau dann erfüllt ist, falls:

1. Für alle  $j$  ist  $x_j \geq y_j$ ,
2. für mindestens einen Index  $j$  mit  $p_j > 0$  ist  $x_j > y_j$ .

**Axiom 6 „Einfache Stetigkeit“ (ES).** Für  $P^1 = (p_1, x_1; \dots; p_n, x_n) \in \mathcal{P}$  sind die Mengen

$$\{(y_1, \dots, y_n) | y_1 \geq \dots \geq y_n; (p_1, y_1; \dots; p_n, y_n) \succeq (p_1, x_1; \dots; p_n, x_n)\}$$

und

$$\{(y_1, \dots, y_n) | y_1 \geq \dots \geq y_n; (p_1, y_1; \dots; p_n, y_n) \preceq (p_1, x_1; \dots; p_n, x_n)\}$$

abgeschlossene Teilmengen des  $\mathbb{R}^n$ .

**Axiom 7 „Teilweise Unabhängigkeit“ (TU).** Für  $P^1, P^2, P^3, P^4 \in \mathcal{P}$  und ein  $t \in (0, 1)$  soll gelten:

$$\begin{aligned} t \cdot P^1 + (1-t) \cdot P^3 &\succ t \cdot P^2 + (1-t) \cdot P^3 \\ &\Longleftrightarrow \\ t \cdot P^1 + (1-t) \cdot P^4 &\succ t \cdot P^2 + (1-t) \cdot P^4, \end{aligned}$$

falls entweder alle Auszahlungen in den Lotterien  $P^3, P^4$  mindestens so groß oder mindestens so klein sind, wie die Auszahlungen in  $P^1$  und  $P^2$ .

**Axiom 8 „Konstante Proportionale Risikoeinstellung“ (KPR).** Seien alle  $x_1, \dots, x_n$  und  $y_1, \dots, y_n$  in  $P^1 = (p_1, x_1; \dots; p_n, x_n)$  und  $P^2 = (p_1, y_1; \dots; p_n, y_n)$  entweder keine Gewinne oder keine Verluste<sup>30</sup>. Dann soll für alle positiven Zahlen  $T$  gelten:

$$\begin{aligned} (p_1, x_1; \dots; p_n, x_n) &\succeq (p_1, y_1; \dots; p_n, y_n) \\ &\implies \\ (p_1, T \cdot x_1; \dots; p_n, T \cdot x_n) &\succeq (p_1, T \cdot y_1; \dots; p_n, T \cdot y_n). \end{aligned}$$

---

<sup>30</sup>Wakker und Zank (2002) differenzieren in ihrem Artikel bezüglich *strenger* und *schwacher* konstanter proportionaler Risikoeinstellung. Letztere sichert auch die Unterschiedlichkeit der Exponenten  $\alpha$  und  $\beta$  im Gewinn- und Verlustbereich. Daher wird in dieser Arbeit auch diese Eigenschaft zugrunde gelegt.

**Theorem 2** *Es seien die Axiome SO, SD, ES, TU und KPR erfüllt. Dann existieren eindeutig bestimmte monoton streng wachsende Wahrscheinlichkeitsgewichtungsfunktionen  $w^-, w^+ : [0, 1] \rightarrow [0, 1]$  und eine bis auf Multiplikation mit einer positiven Konstanten eindeutig bestimmte Wertfunktion  $v : X \rightarrow \mathbb{R}$ , so dass für  $P^1, P^2 \in \mathcal{P}$  gilt:*

$$P^1 \succsim P^2 \iff V^{CPT}(P^1) \geq V^{CPT}(P^2). \quad (2.15)$$

Die Wertfunktion  $v$  ist für  $\alpha, \beta, \lambda > 0$  aus der Klasse

$$v(x) = \begin{cases} x^\alpha & \text{für } x \geq 0, \\ -\lambda \cdot (-x)^\beta & \text{für } x < 0. \end{cases} \quad (2.16)$$

**Beweis.** Die Aussage ist eine unmittelbare Konsequenz aus Theorem 3 bzw. den Folgerungen auf S. 1260-1261 in Wakker und Zank (2002).

Die Aussage von Theorem 2 sichert also insbesondere die *Existenz* individuell verschiedener Wert- und Gewichtungsfunktionen, d. h. für  $\alpha > 1$  eine *konvexe* und für  $\alpha \in (0, 1]$  eine *konkave Wertfunktion im Gewinnbereich*, entsprechend für  $\beta > 1$  eine *konkave* und für  $\beta \in (0, 1]$  eine *konvexe Wertfunktion im Verlustbereich*. Darüber ist für  $\lambda < 1$  auch der Fall von „Verlustfreude“ zulässig. Von den Wahrscheinlichkeitsgewichtungsfunktionen wird lediglich gefordert, dass diese *streng monoton wachsend* sind und  $w^-(0) = w^+(0) = 0$  sowie  $w^-(1) = w^+(1) = 1$  gilt.

Die Arbeiten von z. B. Tversky und Kahneman (1992), Camerer und Ho (1994), Wu und Gonzalez (1996), Bleichrodt et al. (1999), Bleichrodt und Pinto (2000) und Abdellaoui (2000) belegen, dass die *CPT* als *empirisch evident* angesehen werden kann. Darüber hinaus gibt es auch *weiterführenden Ansätze*, die *zusätzliche Kontextaspekte* berücksichtigen<sup>31</sup>. Da in den in diesem Kapitel dargestellten experimentellen Studien aber „klinische“ Settings verwendet werden, soll an dieser Stelle nicht weiter auf diese Ansätze eingegangen werden.

## 2.2 Ein Aggregationsmodell für Entscheidungssituationen

Recherchiert man in der einschlägigen Literatur, wie bisher das Problem der *Verarbeitung vorheriger Gewinn- und Verlusterfahrungen* bei der Bewer-

---

<sup>31</sup>Siehe z. B. Gierl et al. (2002) und Birnbaum (2004).

tung eines (risikolosen oder riskanten) Entscheidungsproblems wissenschaftlich analysiert wurde, dann ist man mit vier *Hauptströmungen*<sup>32</sup> konfrontiert: Diese sind (experimentelle) Studien zum *Mental Accounting*<sup>33</sup>, Studien zu *Sunk Costs*-Effekten<sup>34</sup>, Studien zum *Disposition Effect*<sup>35</sup> und Studien zum *Risk Return Paradoxon*<sup>36</sup>. Leider basieren diese *Ansätze entweder* auf sehr *restriktiven Annahmen* über den Verlauf der PT-Wertfunktion<sup>37</sup>. Oder sie sind *rein verbaler Natur* (z. B. zum Disposition Effect und Risk-Return-Paradoxon). Eine formal *fundierte Perspektive* dieser Problematik wird derzeit noch *vermisst*. Daher soll sich in diesem Abschnitt zunächst im Hinblick auf die im Abschnitt 2.3 und 2.4 dargestellten experimentellen Studien einer *axiomatischen Fundierung* gewidmet werden. Anschließend werden, basierend auf dieser Axiomatisierung, *verschiedene Modellierungen* und *anreizkompatible Mechanismen* vorgestellt, die in den später präsentierten Studien zur Anwendung kommen.

**Axiom 9 „Aggregation“ (A).** *Sei eine (individuelle) Gewinn- oder Verlusterfahrung  $e \in \mathbb{R}$  und eine Lotterie  $P = (p_1, x_1, \dots, p_l, x_l, 0, p_{l+1}, x_{l+1}, \dots, p_n, x_n)$  gegeben. Die Aggregation von  $e$  mit  $P$  bedeutet die transformierte Darstellung der Ausgangslotterie  $P$  durch  $P^A = (p_1, y_1, \dots, p_k, y_k, 0, p_{k+1}, y_{k+1}, \dots, p_n, y_n)$ . Dabei soll gelten:  $y_j := x_j + e$ , für alle  $j$ .*

Dies impliziert den Präferenzwert<sup>38</sup>  $V^{CPTA}$  für eine Lotterie  $P$  von:

$$V^{CPTA}(P) := \sum_{j=1}^k \pi_j^- \cdot v^-(y_j) + \sum_{j=k+1}^n \pi_j^+ \cdot v^+(y_j) = V^{CPT}(P_A), \quad (2.17)$$

d. h., die *Aggregation* einer Gewinn- oder Verlusterfahrung mit Auszahlungen einer Lotterie wird ausschließlich durch *deren additive Verrechnung* realisiert.

<sup>32</sup>Eine kurze Darstellung dieser Ansätze findet man im Abschnitt 2.6.

<sup>33</sup>Etwa in den Arbeiten von Thaler (1980), Thaler (1985), Thaler (1999), Kivetz (1999), Bolton und Lemon (1999), Soman (2001), Soman und Cheema (2001) und McCaffery und Baron (2003).

<sup>34</sup>Siehe z. B. Sutton (1991), Schmalensee (1992) für eine eher „ökonomische“ und z. B. Arkes und Blumer (1985), Jungermann et al. (2005), Arkes und Ayton (1999) für eine eher „experimentell-psychologische“ Perspektive.

<sup>35</sup>Siehe z. B. Shefrin und Statman (1985), Weber und Camerer (1998) und Frazzini (2006).

<sup>36</sup>Siehe z. B. Bowman (1980), Fiegenbaum und Thomas (1988), McNamara und Bromiley (1999); für eine Kontroverse aber auch Ruefli (1990); einen Überblick findet man etwa in Nickel und Rodriguez (2002).

<sup>37</sup>So basiert *Mental Accounting* etwa auf einer Wertfunktion, die dem Median-Entscheider der CPT entspricht: konvexer Verlauf im Verlust- und konkaver Verlauf im Gewinnbereich.

<sup>38</sup>CPTA: *Cumulative Prospect Theory* unter der Annahme der *Aggregation* einer vorherigen Gewinn- oder Verlusterfahrung mit zukünftigen Auszahlungen.

In Analogie zu den Ausführungen in Abschnitt 2.1 soll jetzt wieder der Frage nachgegangen werden, unter welchen Bedingungen der Präferenzwert  $V^{CPTA}$  definiert ist. Die Antwort liefert:

**Theorem 3** *Gegeben seien beliebige Lotterien  $P^1, P^2 \in \mathcal{P}$  und eine Gewinn- oder Verlusterfahrung  $e \in \mathbb{R}$ . Weiter seien die Axiome SO, SD, ES, TU KPR und A erfüllt. Dann existieren eindeutig bestimmte, monoton wachsende Wahrscheinlichkeitsgewichtungsfunktionen  $w^-, w^+ : [0, 1] \rightarrow [0, 1]$  und eine, bis auf Multiplikation mit einer positiven Konstanten, eindeutig bestimmte Wertfunktion  $v : Y \rightarrow \mathbb{R}$ , so dass für alle  $P^1, P^2 \in \mathcal{P}$  gilt:*

$$P^1 \succsim P^2 \iff V^{CPTA}(P^1) \geq V^{CPTA}(P^2). \quad (2.18)$$

Die Wertfunktion  $v$  ist für  $\alpha, \beta, \lambda > 0$  aus der Klasse

$$v(y) = \begin{cases} y^\alpha & \text{für } y \geq 0, \\ -\lambda \cdot (-y)^\beta & \text{für } y < 0. \end{cases} \quad (2.19)$$

**Beweis.** Die Menge  $Y = X + e$  (Auszahlungsraum) liegt wieder im  $\mathbb{R}^n$ . In Verbindung mit 2.17 ist die Beweisführung identisch zu der Beweisführung von Theorem 2, basierend auf Wakker und Zank (2002).

Die Aussage von Theorem 3 sichert also die (theoretische) Existenz von Wert- und Gewichtungsfunktionen und impliziert durch das Aggregationsaxiom, dass (in einer empirischen Studie) die Verläufe dieser Abbildungen für einen Entscheider im Gewinn- und Verlustbereich mit denen innerhalb der CPT (also ohne Gewinn- oder Verlusterfahrungen) übereinstimmen<sup>39</sup>. Die Motivation für diese Vorgehensweise resultiert dabei aus den eingangszitierten Studien<sup>40</sup>, in denen im Zusammenhang mit der CPT und Aggregation stets vorausgesetzt wird, dass Wert- und Gewichtungsfunktionen im Gewinn- und Verlustbereich identisch denen der Wert- und Gewichtungsfunktionen der CPT sind und die Aggregation einer vorherigen Erfahrung  $e$  mit einer folgenden Auszahlung  $x$  ausschließlich durch die additive Transformation  $y = x + e$  vom Entscheider verarbeitet bzw. wahrgenommen wird.

Aus 2.18 folgt einerseits:  $P^1 \succ P^2 \iff V^{CPTA}(P^1) > V^{CPTA}(P^2)$ , was

---

<sup>39</sup>Grundsätzlich könnte man bei einer allgemeinen Theorieentwicklung auch annehmen, dass eine Gewinn- oder Verlusterfahrung zusätzlich auch einen Einfluss auf den Verlauf einer Wert- und/oder Gewichtungsfunktion hat. Man müsste dann allerdings das Axiomensystem bezüglich dieser Auswirkungen modifizieren.

<sup>40</sup>Für einen detaillierten Überblick siehe hierzu insbesondere auch Thaler (1999).



die *theoretische Grundlage* für die Vorgehensweise zur *Messung spezifischer Parameter* und zur *Evaluierung spezieller Modelle* in Abschnitt 2.3 sein wird. Andererseits impliziert 2.18:  $P^1 \sim P^2 \iff V^{CPTA}(P^1) = V^{CPTA}(P^2)$ . Dies bildet die *theoretische Grundlage* für die *Ansätze* im Abschnitt 2.4. Darüber hinaus werden in den betreffenden experimentellen Studien verschiedene Modelle gegeneinander getestet. Diese Tests basieren auf der Hypothese, dass die Verarbeitung einer riskanten (sicheren) Entscheidungssituation nach einer vorherigen Gewinn- und Verlusterfahrung gemäß *verschiedener Präferenzwertkalküle* erfolgen kann. Im Einzelnen bedeutet dies:

1. Einen Präferenzwert gemäß der CPTA (Cumulative Prospect Theory mit Aggregation vorheriger Gewinn- oder Verlusterfahrungen), siehe oben. Dieser wird im Weiteren mit  $V^{CPTA}$  bezeichnet und ist gemäß 2.17 definiert.
2. Einen Präferenzwert gemäß der CPT (Cumulative Prospect Theory ohne Aggregation vorheriger Gewinn- oder Verlusterfahrungen), siehe Abschnitt 2.1.3; dieser wird im Weiteren mit  $V^{CPT}$  bezeichnet und ist gemäß 2.14 definiert.
3. Einen Präferenzwert gemäß des Modells PTP, deren Funktional mit  $V^{PTP}$  bezeichnet wird. Darunter soll die Verarbeitung einer Lotterie nach vorherigen Gewinn- oder Verlusterfahrungen verstanden werden, bei der die entsprechende Erfahrung unberücksichtigt bleibt, aber eine Auszahlungstransformation gemäß  $v^-, v^+$  berücksichtigt wird. Die Wahrscheinlichkeitsgewichtung wird hier vernachlässigt<sup>41</sup>:

$$V^{PTP}(P) = \sum_{j=1}^l p_j \cdot v^-(x_j) + \sum_{j=l+1}^n p_j \cdot v^+(x_j).$$

4. Einen Präferenzwert, bezeichnet mit  $V^{PTA}$ , in welchem ebenfalls die Transformation (Gewichtung) von Wahrscheinlichkeiten unberücksichtigt bleibt, aber die Verarbeitung von vorherigen Gewinn- oder Verlusterfahrungen in Form der Aggregation  $y = x + e$  abgebildet ist:

$$V^{PTA}(P) = \sum_{j=1}^l p_j \cdot v^-(y_j) + \sum_{j=l+1}^n p_j \cdot v^+(y_j).$$

---

<sup>41</sup>Der Grund für diese Modellbildung besteht zum Einen darin, dass man feststellen kann, *inwiefern* die *Wahrscheinlichkeitsgewichtung* tatsächlich eine Rolle spielt: So gibt es in der Literatur empirische Evidenz dafür, dass „nicht immer“ gewichtet wird und man kann so eine weitere „Nähe“ zur EUT realisieren. Zum Anderen könnten die *verschiedenen anreizkompatiblen Mechanismen* einen *unterschiedlichen Einfluss* auf die begrenzte Rationalität und damit *die Wahrscheinlichkeitsgewichtung* haben.

Da die Modelle CPT, PTP und PTA *Spezialfälle* des Modells CPTA darstellen, *gelten* die *Aussagen* von Theorem 3 entsprechend. Außerdem *basieren* alle Modelle damit *auf derselben Axiomatik*.

Die in den Abschnitten 2.3 und 2.4 dargestellten experimentellen Studien beinhalten *Entscheidungssituationen*, die für den Probanden *auszahlungsrelevant* sind. Damit stellt sich die Frage, unter welchen Bedingungen (Mechanismen) man die *Anreizkompatibilität*<sup>42</sup> *bezüglich* der *zugrunde gelegten Theorie* *sichern* kann<sup>43</sup>. Dies geschieht für das Experiment in 2.3 durch folgenden *Mechanismus*, welcher auf bekannten (bisher allerdings nur in hypothetischen Szenarien angewendeten experimentellen) Ansätzen, sogenannten *Intervallverfeinerungen*, innerhalb der entscheidungstheoretischen Forschung basiert und aufgrund der „Nähe“ zur Studie von Tversky und Kahneman (1992) mit MTK (modifizierter Mechanismus von Tversky und Kahneman) bezeichnet werden soll.

### 2.2.1 Der MTK-Mechanismus

Bei diesem Ansatz machen die Entscheider *Angaben über die Präferenzrelationen* bezüglich einer vorher festgelegten Anzahl von Lotterievergleichen. Diese Anzahl sei im Weiteren mit  $N$  bezeichnet. Der Entscheider muss zu jedem Alternativenpaar  $[P^1, P^2]$  mit  $P^1 = (p_1, x_1; 1 - p_1, x_2)$  und  $P^2 = (p_2, y_1; 1 - p_2, y_2)$  angeben, welche der beiden Lotterien dieser bevorzugt, also ob  $P^1 \succ P^2$  oder  $P^1 \prec P^2$  gilt. Dabei ist für die mögliche Erhebung eines Sicherheitsäquivalents auch  $p_2 = 1$  zulässig.

Ziel ist es, den Wert  $\tilde{y}$  zu bestimmen, bei dem  $P^1 \sim P^2 = (p_2, \tilde{y}; 1 - p_2, y_2)$  gilt. Dazu bewertet der Entscheider eine Folge  $[P^1, P_i^2]$  mit  $P_i^2 = (p_2, y_{1,i}; 1 - p_2, y_2)$  und  $i = 1, \dots, M$  von Lotterievergleichen. Diese ist dabei so konstruiert, dass z. B. im ersten Lotterievergleich und unter der Annahme einer Über- oder Untergewichtung der Wahrscheinlichkeiten  $P^1 \succ P_1^2$  mit extrem risikoaverssem (risikofreudigem), im letzten Lotterievergleich  $P^1 \prec P_M^2$  aber mit extrem risikofreudigen (risikoaverssem) Verhalten korrespondieren würde. Vom „normalen“ Entscheider ist daher bei der Bewertung der gesamten Folge mit einer

---

<sup>42</sup>Darunter versteht man hier den Fakt, dass Personen ihre wahre Zahlungsbereitschaft, etwa für ein Produkt, aber auch für die Teilnahme an einer Lotterie, genau dann offenbaren, wenn dieses Verhalten mit der dominanten Strategie innerhalb des Mechanismus übereinstimmt. Für die Bedeutung von Anreizkompatibilität siehe insbesondere auch Abschnitt 1.2.

<sup>43</sup>In der Literatur existieren bisher keine Studien, die sich mit anreizkompatiblen Mechanismen, wenigstens für die CPT beschäftigen.

*Präferenzumkehr* zu rechnen.

Angenommen, die Folge  $\{y_{1,i}\}$  ist monoton wachsend und der Entscheider wechselt jetzt beim  $J$ -ten Lotterievergleich von „ $\succ$ “ zu „ $\prec$ “. Dann muss der wahre Wert  $\tilde{y}$  bei dem  $P^1 \sim P^2 = (p_2, \tilde{y}; 1 - p_2, y_2)$  gilt, zwischen  $y_{1,J-1}$  und  $y_{1,J_1}$  liegen. Jetzt bildet man neue Folgen  $[P^1, P_i^2]$  aus dem Intervall  $[y_{1,J-1}, y_{1,J_1}]$ , d. h., der erste Lotterievergleich ist  $[P^1, P_1^2 = (p_2, y_{1,J-1}; 1 - p_2, y_2)]$  und der letzte  $[P^1, P_M^2 = (p_2, y_{1,J}; 1 - p_2, y_2)]$ . Für die dazwischen liegenden Vergleiche  $[P^1, P_{J-1}^2] \dots [P^1, P_J^2]$  gilt dann  $y_{1,J-1} < y_{1,2} < \dots < y_{1,M-1} < y_{1,J}$ . Angenommen der Entscheider wechselt jetzt seine Präferenz von „ $\succ$ “ zu „ $\prec$ “ beim  $K$ -ten Vergleich. Dann nimmt man als Approximation für  $\tilde{y}$  das arithmetische Mittel von  $y_1^{K-1}$  und  $y_1^K$  oder führt die beschriebene *Intervallverfeinerung* beliebig lange fort.

Maßgeblich ist jedoch, dass alle  $N$  Lotterievergleiche für den Entscheider auszahlungsrelevant sind. Dies erreicht man (vor allem auch im Hinblick auf mögliche finanzielle Restriktionen) z. B. dadurch, dass am Ende des Experiments per (auf z. B. einer auf Gleichverteilung basierter) Zufallsziehung ein Lotterievergleich gezogen wird und in Abhängigkeit der vom Probanden gemachten Relation wird die entsprechende Lotterie für diesen ausgespielt (bei der approximativen Messung eines Sicherheitsäquivalents ist die sichere Auszahlung dann relevant).

**Theorem 4** *Innerhalb des Modells CPTA ist der MTK-Mechanismus anreizkompatibel.*

**Beweis.** Siehe Anhang B.3.

Da die Modelle CPT, PTP und PTA Spezialfälle von CPTA sind, folgt:

**Korollar 1** *Innerhalb des Modells CPT, PTP und PTA ist der MTK-Mechanismus anreizkompatibel.*

Der MTK-Mechanismus hat in der praktischen Durchführung allerdings auch einige Nachteile:

1. Wird die Intervallverfeinerung nicht hinreichend oft durchgeführt, dann ist die Genauigkeit des approximativen Indifferenzwertes möglicherweise zu schlecht.
2. Ein hoher Verfeinerungsgrad bedingt eine sehr große Anzahl von Lotterievergleichen. Dies könnte aus psychologischer Sicht kritisch für den Probanden („Ermüdungserscheinungen“, „Langeweile“) sein.

3. Man muss mit dem Problem umgehen, dass sich Entscheider „inkonsistent“ verhalten können (wenn diese etwa mehrere Präferenzwechsel angeben). In der später dargestellten experimentellen Studie wird dieser Problematik mit einer erneuten Computerabfrage begegnet.

Um diese Nachteile zu überwinden, soll an dieser Stelle ein *alternativer Ansatz* vorgestellt werden, der eine *modifizierte Variante des BDM-Mechanismus*<sup>44</sup> darstellt und deshalb mit MBDM-Mechanismus bezeichnet werden soll.

### 2.2.2 Der MBDM-Mechanismus

Bei dieser Variante *muss* der Entscheider eine vorgegebene Lotterie  $P^1 = (p_1, x_1; 1 - p_1, x_2)$  „spielen“. Jetzt soll der Entscheider dazu die Lotterie  $P^2 = (p_2, y_1; 1 - p_2, y_2)$  betrachten. In dieser sind alle Komponenten bis auf  $y_1$  spezifiziert. Auch hier sei für die Messung eines Sicherheitsäquivalents  $p_2 = 1$  zulässig. Zur Vereinfachung sei angenommen, dass es sich bei  $P^1$  und  $P^2$  entweder um positive oder negative Lotterien handelt.

Der Entscheider hat die Möglichkeit  $P^1$  gegen  $P^2$  zu *tauschen*. Dies geschieht nach folgender Regel: Es soll ein Wert  $\tilde{y}_1$  aus einem Intervall  $[y^{min}, y^{max}]$  so angegeben werden, dass gilt  $P^1 \sim P^2 = (p_2, \tilde{y}_1; 1 - p_2, y_2)$ . Jetzt wird aus dem Intervall  $[y^{min}, y^{max}]$  (z. B. eine auf einer Gleichverteilung basierte) Zufallszahl  $z$  gezogen. Der Entscheider erhält die Lotterie  $P^2$  aber mit  $z$  anstelle von  $\tilde{y}_2$ , falls  $z \geq \tilde{y}_2$ . Gilt dagegen  $z < \tilde{y}_2$ , dann wird für den Entscheider  $P^1$  ausgespielt.

Auch hier kann man aus Kostengründen wieder eine der z. B. insgesamt  $N$  Lotterievergleiche auswählen und die entsprechende Lotterie (sichere Zahlung), welche sich in Abhängigkeit von  $z$  und dem angegebenen  $y_2$  ergibt, ausspielen (zahlungsrelevant werden lassen).

**Theorem 5** *Innerhalb des Modells CPTA ist der MBDM-Mechanismus anreizkompatibel.*

**Beweis.** Siehe Anhang B.4.

Da die Modelle CPT, PTP und PTA Spezialfälle von CPTA sind, folgt:

**Korollar 2** *Innerhalb der Modelle CPT, PTP und PTA ist der MBDM-Mechanismus anreizkompatibel.*

---

<sup>44</sup>Siehe Becker et al. (1969).

Zwar hat der MBDM-Mechanismus nicht die oben dargestellten Nachteile des MTK-Mechanismus, aber man ist hier mit einem anderen Problem konfrontiert: Wie verfährt man für den Fall, dass bei der Wahl von  $y_2$  exakt eine der Intervallgrenzen  $[y^{min}, y^{max}]$  bzw. möglicherweise ein Wert außerhalb dieser Grenzen angegeben wird? Die Angabe von  $y_2$  in einem praktisch durchgeführten Experiment zu beschränken, ist einerseits schwierig zu begründen. Andererseits könnte man eine solche Angabe auch so interpretieren, dass der Proband die Wirkungsweise des Mechanismus nicht verstanden hat bzw. nicht im Einklang mit der zugrunde gelegten Axiomatik steht. In der später vorgestellten Studie werden Daten, welche auf Angaben außerhalb des Intervalls  $[y^{min}, y^{max}]$  liegen, daher nicht berücksichtigt.

### 2.2.3 Bemerkung

Beim MTK- und MBDM-Mechanismus und der später in den beiden Experimenten verwendeten Tradeoff-Methode<sup>45</sup> bewerten die Entscheider eine Anzahl von Lotterien. Bei der Bewertung sequenzieller Entscheidungsprobleme ist die *Anreizkompatibilität* im Hinblick auf das Modell CPTA (CPT, PTP und PTA) *nur* unter der Annahme *sichergestellt*, dass die *Lotterien* von den Probanden als *voneinander unabhängig* wahrgenommen und bewertet werden. Dazu generiert der Computer die jeweiligen Lotterievergleiche in sequenziellen Bildschirmausgaben, die keinen Bezug zu einander zulassen (sollten). Zwar könnte diese Vorgehensweise kritisch im Hinblick auf das sogenannte *Salience*-Prinzip sein<sup>46</sup>, der Fokus liegt in dieser Arbeit aber auf der Erfüllung der eigentlichen Anreizkompatibilität, welche auf die Präferenzwertmaximierung für eine gegebene Entscheidungstheorie abzielt und die vereinfachende Annahme der „Unabhängigkeit“ geschieht in Ermangelung einer entsprechenden verhaltenswissenschaftlichen Entscheidungstheorie für sequenzielle, von einander abhängenden Entscheidungsprobleme.

## 2.3 Experiment 1: Der MTK-Mechanismus und Aggregation

Dieses Experiment wurde einerseits konzipiert, um den anreizkompatiblen MTK-Mechanismus experimentell zu testen und um die Wirkung von vorherigen Gewinn- oder Verlusterfahrungen auf das Entscheiderverhalten zu untersuchen. Andererseits sollten evtl. Zusammenhänge zwischen dem Risi-

---

<sup>45</sup>Siehe Wakker und Deneffe (1996), Abdellaoui (2000)

<sup>46</sup>Siehe Smith (1976) bzw. Abschnitt 1.2.

koverhalten und psychologischen Persönlichkeitsmerkmalen gemäß des NEO-FFI Fragebogens<sup>47</sup> untersucht werden. Letztere Untersuchung fand am Ende des Experiments statt und tangiert folglich nicht die Resultate bezüglich der ersten beiden Fragestellungen. Auf die Ergebnisse bezüglich des NEO-FFI soll in dieser Arbeit nicht eingegangen werden<sup>48</sup>.

### 2.3.1 Experimentelles Design und Durchführung

Dieses anreizkompatible, computergestützte<sup>49</sup> Laborexperiment<sup>50</sup> wurde an der Humboldt-Universität zu Berlin mit 96 Probanden durchgeführt<sup>51</sup>. Jeder Proband erhielt vor Beginn des eigentlichen Experiments einen „Show-up-fee“<sup>52</sup> von 14 Euro<sup>53</sup>. Die Studie beinhaltete drei Hauptbestandteile:

1. Einen „*Messteil*“, in dem Indifferenzangaben der Probanden gemessen wurden, um die notwendigen Parameter des CPT-Präferenzwertes gemäß 2.17 zu bestimmen.
2. Einen „*Erfahrungsteil*“, in dem die Probanden eine zufallsbedingte Gewinn- oder Verlusterfahrung bzw. keine Erfahrung machten.
3. Einen „*Evaluierungsteil*“, in dem Indifferenzaussagen gemessen wurden, um die in Abschnitt 2.2 vorgestellten, verschiedenen Modelle zu testen.

Abschließend fanden noch einige statistische Erhebungen sowie die oben erwähnte NEO-FFI Befragung statt.

In der Sprache der experimentellen Ökonomik handelte es sich also um ein  $3 \times 2$  *between-within-subjects-design*, d. h. es gab drei Intergruppen bezüglich der Erfahrung und zwei Innergruppen bezüglich der Bewertung im Mess- und

---

<sup>47</sup>Siehe Borkenau und Ostendorf (1989), Borkenau und Ostendorf (1991) und Borkenau und Ostendorf (1993).

<sup>48</sup>Siehe hierzu Zimmer (2005).

<sup>49</sup>Die Implementierung erfolgte dabei unter Verwendung der durch das Institut für Entrepreneurship/Innovationsmanagement entwickelten Experimentalsoftware ENEXI.

<sup>50</sup>Eine Dokumentation der entsprechenden Bildschirmausgaben kann beim Autor angefordert werden.

<sup>51</sup>In diesem Zusammenhang möchte ich mich bei Frau Dipl.-Kffr. Anja Zimmer für die Zusammenarbeit bei der Planung, für die Implementierung und Durchführung des Experiments und für die Berechnung der Parameter und Präferenzwerte bedanken. Eine gemeinsame Publikation ist geplant.

<sup>52</sup>Unter dieser Zahlung versteht man Aufwendungen für den Probanden wie Reisekosten bzw. eine Entschädigung für den zeitlichen Aufwand.

<sup>53</sup>Das Geld musste dabei von den Probanden sofort privat verwahrt werden, um eine mögliche Beeinflussung des Verhaltens im Experiment zu minimieren.

Evaluierungsteil.

Grundlage für die *Generierung* der *Wertfunktionsparameter*  $\alpha, \beta > 0$  im *Messteil* sind Lotterievergleiche in Anwendung der sogenannten *Tradeoff-Methode* von Wakker und Deneffe (1996). Dazu betrachte man zwei Lotterievergleiche  $P^1 = (p, x_1, 1 - p, x_2)$  versus  $P^2 = (p, y_1, 1 - p, z)$  und  $P^3 = (p, y_1, 1 - p, x_2)$  versus  $P^4 = (p, y_3, 1 - p, z)$ , in denen die Auszahlungen  $x_1, x_2, z$  und die Wahrscheinlichkeit  $p$  gegeben sind. Ist ein Entscheider für den ersten Vergleich mit  $y_1$  und im zweiten Vergleich mit  $y_2$  indifferent, dann folgt:

$$p \cdot v(x_1) + (1 - p) \cdot v(x_2) = p \cdot v(y_1) + (1 - p) \cdot v(z) \quad (2.20)$$

$$p \cdot v(y_1) + (1 - p) \cdot v(x_2) = p \cdot v(y_2) + (1 - p) \cdot v(z), \quad (2.21)$$

zusammen also

$$v(y_1) = \frac{1}{2}(v(x_1) + v(y_2)). \quad (2.22)$$

Wählt man jetzt speziell  $x_1 = 0$  und berücksichtigt die konkrete Parametrisierung in 2.19, dann kann man  $\alpha$  für positive Lotterien berechnen, aus:

$$y_1^\alpha = \frac{1}{2} \cdot y_2^\alpha. \quad (2.23)$$

Die Berechnung für  $\beta$  erfolgt analog, basierend auf Vergleichen negativer Lotterien.<sup>54</sup>

Für die *Ermittlung* der *Über- oder Untergewichtung* einer gegebenen Wahrscheinlichkeit  $p$  kann gemäß Tversky und Kahneman (1992) eine Sicherheitsäquivalentabfrage für eine spezifizierte Lotterie  $P^1 = (p, x_1; 1 - p, 0) \sim y_1 = P^2$  durch

$$w^+(p) = \frac{y_1}{x_1}, \text{ falls } y_1, x_1 > 0, \quad (2.24)$$

$$w^-(p) = \frac{y_1}{x_1}, \text{ falls } y_1, x_1 < 0, \quad (2.25)$$

erfolgen.

Für die *Bestimmung* des *Verlustavversionsparameters* dient dann ein Vergleich gemischter Lotterien  $P^1 = (p, x_1; 1 - p, x_2) \sim (p, y_1; 1 - p, x_3) = P^2$  mit gegebenem  $x_1 > 0$  und  $x_2, x_3 < 0$ . Falls  $y_1 > 0$  folgt dann

$$\lambda = \frac{p}{1 - p} \cdot \frac{y_1 - x_1}{x_2 - x_3}. \quad (2.26)$$

---

<sup>54</sup>Die Intervalle waren dabei so gewählt, dass  $\alpha, \beta$  im Intervall  $[0.39, 2]$  liegen mussten.

Tabelle 2.1: Lotterievergleiche des Messteils Exp. 1.

Situation:	$P^1$	$P^2$	$P^3$	$P^4$
Generierung von $\alpha$ :	(0; 100)	( $y_1$ ; 50)	( $y_1$ ; 100)	( $y_2$ ; 50)
Generierung von $\beta$ :	(0; -100)	( $y_1$ ; -50)	( $y_1$ ; -100)	( $y_2$ ; -50)
Generierung von $w^+$ :	(150; 0)	$y_1$	-	-
Generierung von $w^-$ :	(-150; 0)	$y_1$	-	-
Generierung von $\lambda$ :	(100; -50)	( $y_1$ ; -100)	-	-

Die im Experiment konkret verwendeten Lotterievergleiche sind in Tabelle 2.1 dargestellt.<sup>55</sup>

Die Lotterien mit zwei Auszahlungen in Tabelle 2.1 beinhalteten eine  $p = 0.5$  Verteilung; in Lotterien mit einer Auszahlung war diese sicher. Alle Auszahlungen waren in (Euro-) Cent deklariert.

Im anschließenden *Erfahrungsteil* machte ein Drittel der Probanden eine *Gewinn-*, ein Drittel eine *Verlusterfahrung* und ein Drittel *keine Erfahrung*, welche durch folgende Prozedur induziert wurde: In einer Bingotrommel befanden sich mit Zahlen versehene Kugeln, deren Anzahl exakt der jeweiligen Gruppengröße entsprach.<sup>56</sup> Die Probanden mussten eine Kugel aus der Bingotrommel ziehen, und die jeweilige Nummer wurde vom Experimentator in das Netzwerk eingegeben. Den Probanden wurde mitgeteilt, dass die gezogene Nummer Einfluss auf eine folgende (positive, negative oder „Null“-) Auszahlung haben würde. Nach einem zuvor festgelegten Schema<sup>57</sup> identifizierte der Computer Gewinner, Verlierer und „neutrale“ Spieler, d. h. auf dem Monitor wurde einem Gewinner ein experimenteller Kontostand von 500 (Euro-) Cent, einem Verlierer -500 (Euro-) Cent und einem Neutralen 0 (Euro-) Cent angezeigt.

<sup>55</sup>Dem Autor ist durchaus bewusst, dass es sich hierbei nur um eine „approximative“ Bestimmung von  $\alpha, \beta, w^+, w^-$  und  $\lambda$  handelt. Allerdings sollte in dieser Studie die Vergleichbarkeit zu Tversky und Kahneman (1992) so weit als möglich sichergestellt werden. Daher wurde exakt der Ansatz von Tversky und Kahneman (1992) zur Berechnung der entsprechenden Parameter übernommen. In der im nächsten Abschnitt vorgestellten Studie erfolgt die Generierung der entsprechenden Parameter im vollständigen Einklang mit dem CPT-Präferenzwertmodell.

<sup>56</sup>Im Experimentallabor befinden sich neun durch Sichtschutz getrennte und mit PC-Arbeitsstationen versehene Plätze. Je nach Anzahl der tatsächlich erschienen Personen differierte die jeweilige Gruppengröße zwischen 6 und 9 Personen.

<sup>57</sup>Dies war notwendig, um sicherzustellen, dass die Anzahl in den Gruppen gleich waren, die tatsächliche Anzahl von Teilnehmern vor jeder Session aber unbekannt war.



Tabelle 2.2: Lotterievergleiche des Evaluierungsteils Exp. 1.

Situation:	$P^1$	$P^2$
Vergleich 1:	(0; 100)	( $y_1$ ; 50)
Vergleich 2:	(0; -100)	( $y_1$ ; -50)
Vergleich 3:	(150; 0)	$y_1$
Vergleich 4:	(-150; 0)	$y_1$
Vergleich 5:	(100; -50)	( $y_1$ ; -100)
Vergleich 6:	(150; 50)	( $y_1$ ; 0)
Vergleich 7:	(-150; -50)	( $y_1$ ; 0)
Vergleich 8:	(50; -100)	( $y_1$ ; 0)

Im Anschluss fand der *Evaluierungsteil* statt. Hier bewerteten die Teilnehmer der Reihe nach Lotterien, die in Tabelle 2.2 dargestellt sind. Auch hier war  $p = 0.5$  und die Beträge entsprachen (Euro-) Cent.

Der *allgemeine Ablauf des Experiments* begann mit einer „Willkommensbotschaft“ und einer „Danksagung für die Teilnahme“. Anschließend wurde den Teilnehmern mitgeteilt, dass diese eine Reihe von Entscheidungssituationen zu bewerten hätten, wobei eine dieser 140 Situationen auszahlungsrelevant werden würde, falls diese am Ende zufällig vom Computer ausgewählt wird.<sup>58</sup>

Sowohl im *Mess-* als auch *Evaluierungsteil* wurde dann der *MTK-Mechanismus* umgesetzt. Dies soll am *Beispiel* des dritten Vergleichs im Evaluierungsteil (entspricht dem fünften Vergleich im Messteil) illustriert werden. Der Proband sollte eine riskante Entscheidungssituation, bei der man mit 50%-iger Wahrscheinlichkeit 150 Cent und mit 50%-iger Wahrscheinlichkeit nichts gewinnt mit sicheren Auszahlungen in Relation setzten. Diese sicheren Auszahlungen waren als die Folge  $\{135, 115, 95, 75, 55, 35, 15\}$ <sup>59</sup> dargestellt und der Proband sollte angeben, ob er (für den Fall der Auswahl dieser Entscheidungssituation am Ende des Experiments) jeweils die Lotterie oder die sichere Zahlung bevorzugen würde. Angenommen der Entscheider gibt die Präferenzreihenfolge

$$\{P^1 \prec 135, P^1 \prec 115, P^1 \prec 95, P^1 \succ 75, P^1 \succ 55, P^1 \succ 35, P^1 \succ 15\}$$

<sup>58</sup>Beziehungsweise wurde bei jeder Entscheidungssituation explizit darauf hingewiesen.

<sup>59</sup>Man beachte, dass hier eine monoton fallende Folge betrachtet wird, im Gegensatz zu der Erläuterung in Abschnitt 2.2.1.

an<sup>60</sup>. Dann muss das „wahre“ Sicherheitsäquivalent zwischen 75 und 95 Cent liegen. In diesem Fall berechnet der Computer eine Neuzerlegung in der Form  $\{92, 89, 86, 83, 80, 77, 75\}$  und bietet diese in einer weiteren Entscheidungssituation mit derselben Lotterie  $P^1 = (0.5, 150; 0.5, 0)$  an. Falls der Entscheider jetzt

$$\{P^1 \prec 92, P^1 \prec 89, P^1 \prec 86, P^1 \succ 83, P^1 \succ 80, P^1 \succ 77, P^1 \succ 75\}$$

bewertet, dann weist das Programm diesem ein Sicherheitsäquivalent  $y_1 = 0.5 \cdot (86 + 83)$  zu. Falls der Proband die sichere Zahlung bevorzugt, dann wird in dem hier beschriebenen Fall die Intervallgrenze zugewiesen. Außerdem ist es möglich, durch  $y_1 = 0.5 \cdot (77 + 75)$  „Erwartungswertnähe“ zu identifizieren. An dieser Stelle soll angemerkt werden, dass es dem Probanden nicht erlaubt war, Indifferenzaussagen zu machen, da es auch praktisch nicht notwendig erscheint: Falls der Proband wirklich indifferent zwischen Lotterie und sicherer Zahlung ist, dann dürfte ihm die angegebene Relation egal sein. Die Vergleiche zwischen zwei riskanten Entscheidungssituationen erfolgte analog durch die Angabe einer Folge für  $y_1$  bzw.  $y_2$  (siehe Tabelle 2.1 und 2.2).

Nach der *Beantwortung statistischer und psychologischer Fragen* am Ende wurde *eine spezifische Situation* aus den insgesamt (Anzahl von Intervallpunkten mal eine Intervallverfeinerung mal der Anzahl der Situationen in Tabelle 2.1 und 2.2) 140 Entscheidungssituationen entsprechend der angegebenen Relation *auszahlungsrelevant*: Im Falle einer ausgewählten Lotterie, wurde diese vom Computer ausgespielt und dieses Ergebnis, und im Falle einer sicheren Zahlung, diese Zahlung zum experimentellen Konto hinzuaddiert. *Positive Kontostände* wurden vom Experimentator *aus-* und *negative Kontostände* vom Probanden *einbezahlt*.<sup>61</sup> Im Mittel verdienten die Teilnehmer damit 11 Euro pro Stunde.

### 2.3.2 Resultate

In diesem Unterabschnitt werden zunächst *Informationen* über die *Probandenstruktur*, insbesondere bezüglich der zugrunde gelegten Annahmen gegeben. Anschließend wird ein *Maß motiviert*, dass auch *Vergleiche* aus *aggre-*

<sup>60</sup>Eine Inkonsistenz in Form eines nochmaligen Präferenzwechsels wäre vom Computer mit einer Fehlermeldung (nochmalige Erklärung der Entscheidungssituation mit der Darstellung der Inkonsistenz) geahndet und mit der Aufforderung zur Neueingabe aller Relationen beantwortet worden.

<sup>61</sup>Dabei waren die Auszahlungen so generiert, dass der Proband im schlechtesten Fall 11 Euro Gesamtverlust erleiden konnte.

Tabelle 2.3: Verläufe der Wertfunktion Exp. 1.

		Verlustbereich:		
		konkav	linear	konvex
Gewinnbereich:	konkav	20 (20,8%)	3 (3%)	17 (17,7%)
	linear	2 (2%)	1 (1%)	1 (1%)
	konvex	41 (42,7%)	7 (7,3%)	4 (4,2%)

*gierter Sicht*<sup>62</sup> und bezüglich der verschiedenen Modelle *gestattet* und es werden die Resultate der paarweisen Vergleiche dokumentiert. Abschließend werden die relevanten *Ergebnisse* der ersten Studie *zusammengefasst*.

## Deskriptive Statistik

An diesem Experiment nahmen insgesamt 43 *Frauen* und 53 *Männer* teil, deren *Entscheidungsverhalten* sich innerhalb der Erfahrungsgruppen sowohl vor als auch nach der Gewinn- oder Verlusterfahrung *nicht signifikant* voneinander *unterschied*<sup>63</sup>. Das *Durchschnittsalter* lag bei 25 Jahren, und 93 der insgesamt 96 Probanden waren *Studenten der Wirtschaftswissenschaften*.

Tabelle 2.3 gibt zunächst Auskunft über den *Verlauf der Wertfunktionen* in diesem Sample. Interessanterweise lassen sich *beim Vergleich* dieser Ergebnisse mit den Resultaten von Tversky und Kahneman (1992) *Abweichungen* feststellen: Folgt man den Ausführungen dieser Autoren<sup>64</sup>, dann müsste man bei einer Wahrscheinlichkeit von  $p \geq 0.5$  innerhalb einer Entscheidungssituation risikofreudiges Verhalten im Verlustbereich (was mit einer konvexen Wertfunktion korrespondiert) und risikoaverses Verhalten (in Korrespondenz mit einer konkaven Wertfunktion) im Gewinnbereich erwarten. In der hier vorgestellten Studie verhalten sich aber gerade 17,7% im Einklang mit dieser Prognose. Stattdessen zeigen 42,7% eher umgekehrte Tendenzen, d. h. Risikoaversion im Verlustbereich und Risikofreude im Gewinnbereich. Auch der Vergleich der Mediane anderer Parameter decken sich nicht „Eins zu Eins“ mit den Erkenntnissen Tversky und Kahnemans (siehe Tabelle 2.4).

<sup>62</sup>Damit ist also die Fragestellung gemeint, ob ein *Modell unter Einbeziehung aller Probanden besser* ist als ein anderes, versus einer *individuellen Sicht*, welche der Frage nachgeht, ob *ein Modell für einen Probanden besser* ist als ein anderes.

<sup>63</sup>Im Gegensatz zu den Entscheidungssituationen mit strategischer Interaktion im dritten Kapitel dieser Arbeit. Für eine Motivation der geschlechtsspezifischen Analyse siehe Abschnitt 3.8.1.

<sup>64</sup>Siehe insbesondere S. 308 in Tversky und Kahneman (1992).

Tabelle 2.4: Ergebnisse des Messteils Exp. 1.

Parameter:	Minimum	Maximum	Median	Mittelwert
$\alpha$	0.42	2.41	1.02	1.13
$\beta$	0.39	2.02	1.01	1.04
$w^+$	0.10	0.77	0.47	0.44
$w^-$	0.10	0.90	0.49	0.48
$\lambda$	0.20	4.00	1.41	1.63

So unterscheidet sich bei den Median-Werten<sup>65</sup> insbesondere  $\alpha$  und  $\beta$  sowie der Verlustavversionsparameter  $\lambda$ . Diese entsprechen in Tversky und Kahneman (1992):  $\alpha \approx \beta = 0.88$  und  $\lambda \approx 2.25$ . Die für einen Median-Entscheider postulierte Untergewichtung der Wahrscheinlichkeit von 0.5 kann tendenziell bestätigt werden.

Bei der *Analyse des Evaluierungsteils* werden, vor allem auch um eine Vergleichbarkeit mit Experiment 2 zu gewährleisten, in dieser Arbeit *nur Gewinner und Verlierer* betrachtet<sup>66</sup>. Das Ziel der Analysen soll dabei darin bestehen, die Vorhersagekraft der einzelnen Modelle CPTA, CPT, PTP und PTA zu untersuchen (siehe Abschnitt 2.2).

## Korrelationsanalysen

Unter  $\hat{V}^K$  für  $K \in \{CPTA, CPT, PTP, PTA\}$  soll im Folgenden der „*hypothetische*“ Präferenzwert für die im Evaluierungsteil bewertete Lotterie  $P^1$  verstanden werden. Dieser basiert auf den Parametern  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $w^+$ ,  $w^-$  und  $\lambda$ , welche auf *Basis des Messteils* bestimmt wurden.

Unter  $\tilde{V}^K$  für  $K \in \{CPTA, CPT, PTP, PTA\}$  soll im Folgenden der *Präferenzwert für die bewertete Lotterie  $P^2$*  verstanden werden. Dieser basiert ebenfalls auf den Parametern  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $w^+$ ,  $w^-$  und  $\lambda$ , *aber* in diesem wird die jeweilige *Angabe für  $y_1$  im Evaluierungsteil* zugrunde gelegt.

Beispielweise ist für den dritten Lotterievergleich im Evaluierungsteil ( $P^1 = (0.5, 150, 0.5, 0)$  versus  $y_1$  in Tabelle 2.2), und unter CPTA mit einer Gewin-

<sup>65</sup>Nur diese sind leider in Tversky und Kahneman (1992) veröffentlicht.

<sup>66</sup>Siehe hierzu auch die einführenden Bemerkungen bezüglich der NEO-FFI Befragung, d. h. die Erhebung des Verhaltens der Neutralen diene im Wesentlichen zu Vergleichs- bzw. Kontrollzwecken bei der Erhebung psychologischer Charakteristiken. Eine Analyse der „Neutralen“ ist zwar bezüglich des Vergleichs mit der CPT im Allgemeinen interessant, soll aber aufgrund der Themenstellung nicht Gegenstand dieser Arbeit sein.

nerfahrung von 500 Cent:

$$\hat{V}^{CPTA}(P^1) = w^+ \cdot (150 + 500)^\alpha + (1 - w^+) \cdot 500^\alpha, \quad (2.27)$$

und

$$\tilde{V}^{CPTA}(P^2) = (y_1 + 500)^\alpha. \quad (2.28)$$

Die Größen  $\alpha$  und  $w^+$  wurden im Messteil und  $y_1$  im Evaluierungsteil bestimmt und werden für jeden Teilnehmer entsprechend eingesetzt.

Von Interesse ist es jetzt, einen Zusammenhang zwischen dem *prognostizierten Präferenzwert*  $\hat{V}^K$  und dem *auf Messung basierten Präferenzwert*  $\tilde{V}^K$  herzustellen (siehe Abschnitt 1.3). Für jeden Probanden geht es also darum, die Folge<sup>67</sup>  $\{\hat{V}_1^K, \dots, \hat{V}_8^K\}$  mit der Folge  $\{\tilde{V}_1^K, \dots, \tilde{V}_8^K\}$  in Beziehung zu setzen, wobei im Idealfall<sup>68</sup> für alle  $i \in \{1, \dots, 8\}$  gelten sollte:  $\tilde{V}_i^K \equiv \hat{V}_i^K$ .

Bei der Folge  $\{\hat{V}_1^K, \dots, \hat{V}_8^K\}$  handelt es sich also um die *Ausprägung einer Zufallsgröße*  $\xi^K$  und bei  $\{\tilde{V}_1^K, \dots, \tilde{V}_8^K\}$  um die *Ausprägung einer Zufallsgröße*  $\psi^K$ , und das Ziel besteht darin, für jeden Teilnehmer  $j = 1, \dots, 64$  und jedes Modell  $K \in \{CPTA, CPT, PTP, PTA\}$  ein Maß  $M_j^K(\xi_j^K, \psi_j^K)$  zu finden, so dass (aus einer aggregierten Sicht) *paarweise Vergleiche* der Folge  $MK := \{M_1^K, \dots, M_{64}^K\}$  mit der Folge  $MK' := \{M_1^{K'}, \dots, M_{64}^{K'}\}$  für  $K \neq K'$  möglich sind.

Ein *Ergebnis* von Theorem 3 war, dass *Wertfunktionen* (nur) *eindeutig bis*

---

<sup>67</sup>Vgl. Tabelle 2.2.

<sup>68</sup>Zunächst führen Vergleiche der Verteilungen mit Hilfe von Kolmogorov-Smirnov-Anpassungstests für keinen Probanden und kein Modell zu signifikanten Unterschieden. Außerdem sei an dieser Stelle kurz erwähnt, warum *auf Mittelwertvergleichen basierte Analysen* im Verhalten *vor versus nach* der Gewinn- bzw. Verlusterfahrung *ungeeignet* sind, um die *Wirkung der Treatment-Manipulation* zu überprüfen: Zunächst könnten diese Vergleiche nur bei den Situationen stattfinden, die sowohl im Mess- als auch Evaluierungsteil stattfanden. Betrachtet man exemplarisch hierzu wieder den dritten Lotterievergleich im Evaluierungsteil in Tabelle 2.1 bzw. 2.2 und sei weiter  $y_1^V$  der Wert des Probanden im Mess- und  $y_1^N$  der Wert des Probanden im Evaluierungsteil, dann implizieren die Indifferenzbeziehungen für  $y_1^V$ , dass  $w^+ \cdot 150^\alpha = (y_1^V)^\alpha$ , also  $y_1^V = (w^+ \cdot (150)^\alpha)^{\frac{1}{\alpha}}$  gilt. Für  $y_1^N$  etwa für das Modell CPTA eines Gewinners gilt  $w^+ \cdot (150 + 500)^\alpha + (1 - w^+) \cdot 500^\alpha = (y_1^N + 500)^\alpha$ , also  $y_1^N = (w^+ \cdot (150 + 500)^\alpha + (1 - w^+) \cdot 500^\alpha)^{\frac{1}{\alpha}} - 500$ . Für  $\alpha > 0$  und  $w^+ \in (0, 1)$  gibt es jetzt *unendlich viele Lösungen*, so dass *entweder*  $y_1^V < y_1^N$  *oder*  $y_1^V > y_1^N$  gilt. Mit anderen Worten, ob (für allgemeine Lotterievergleiche)  $y_1^V < y_1^N$  *oder*  $y_1^V > y_1^N$  richtig ist, *hängt von der konkreten Parameterkonstellation ab*. Beide Fälle treten im betrachteten Sample gleichermaßen auf, wie numerisch nachgewiesen wurde. Man kann also keine gerichtete Änderung der Angaben durch die Gewinn- oder Verlusterfahrung motivieren. Somit scheiden auf Mittelwerten oder mittleren Rängen basierte Testverfahren aus, um die Wirkung des Framing zu untersuchen.

auf die Multiplikation mit einer positiven Konstanten sind. Man kann nun leicht verifizieren<sup>69</sup>, dass bei einer individuellen Modellevaluierung eigentlich die beiden Folgen  $\{c_j \cdot \hat{V}_1^K, \dots, c_j \cdot \hat{V}_8^K\}$  und  $\{c_j \cdot \tilde{V}_1^K, \dots, c_j \cdot \tilde{V}_8^K\}$  für ein (unbekanntes)  $c_j > 0$  miteinander verglichen werden müssten. Dies hat für die Folge  $MK$  die Konsequenz, dass für einen Vergleich auf aggregierter Ebene statt

$$\{M_1^K(\xi_1^K, \psi_1^K), \dots, M_{64}^K(\xi_{64}^K, \psi_{64}^K)\}$$

eigentlich die Realisation

$$\{M_1^K(c_1 \xi_1^K, c_1 \psi_1^K), \dots, M_{64}^K(c_{64} \xi_{64}^K, c_{64} \psi_{64}^K)\}$$

und für  $MK'$  entsprechend die Realisation

$$\{M_1^{K'}(c_1 \xi_1^{K'}, c_1 \psi_1^{K'}), \dots, M_{64}^{K'}(c_{64} \xi_{64}^{K'}, c_{64} \psi_{64}^{K'})\}$$

zu betrachten wäre, wobei die  $c_j > 0$  für  $j = 1, \dots, 64$  *nicht eindeutig bestimmt* sind. Mit anderen Worten ein *Vergleich* von  $MK$  mit  $MK'$  ist *unmöglich*.

Um dieses Problem zu umgehen, muss also auf ein Maß  $M$  zurückgegriffen werden, für das gilt:  $M(c_j \cdot \xi_j^K, c_j \cdot \psi_j^K) = M(\xi_j^K, \psi_j^K)$ . Ein Maß, welches diese Eigenschaft besitzt und den (assoziativen) Zusammenhang zwischen  $\xi_j^K$  und  $\psi_j^K$  abbildet, ist der *Korrelationskoeffizient nach Pearson*. Allerdings setzt eine Korrelationsanalyse für metrische Daten nach Pearson voraus, dass die Ausprägungen der beiden Variablen  $\xi_j^K$  und  $\psi_j^K$  approximativ normalverteilt sind.

Daher wurde für die Ausprägung der Variablen  $\xi_j^K$  und  $\psi_j^K$  für alle  $j = 1, \dots, 64$  und  $K \in \{CPTA, CPT, PTP, PTA\}$  zunächst mit Hilfe von Shapiro-Wilk-Tests untersucht, ob die für die Pearson-Korrelation notwendige Voraussetzung einer (approximativen) Normalverteilung erfüllt ist. Dies war für das Modell CPTA in 122 von 128, für das Modell PTA in 125 von 128, für das Modell CPT in 106 von 128 und für das Modell PTP in 111 von 128 Fällen der Fall. Dies hat zur Konsequenz, dass Innergruppen-Analysen bezüglich des paarweisen Vergleichs *aller* Modelle nur mit 27 Probanden möglich sind<sup>70</sup> und eine Gruppenbildung bezüglich der Gewinn- oder Verlusterfahrung aus statistischer Sicht problematisch ist. Gruppenspezifische Analysen erscheinen jedoch sinnvoll, wenn man davon ausgeht, dass unterschiedliche Treatment-Manipulationen (in Form von Gewinn- versus Verlusterfahrungen) auch ein

<sup>69</sup>Setzt man nämlich innerhalb eines Präferenzwertes statt der Wertfunktion  $v$  die Wertfunktion multipliziert mit einer Konstanten  $c \cdot v$  ein, dann kann man  $c$  ausklammern.

<sup>70</sup>Nur für diese Teilnehmer ist die Normalverteilungsannahme sowohl für alle Modelle als auch die Ausprägung der Variablen  $\xi_j^K$  und der Ausprägung der Variablen  $\psi_j^K$  erfüllt.

Tabelle 2.5: Spearman-Rang-Korrelationskoeffizienten I.

Modell:		PTA	CPTA	PTP	CPT
Verlierer	<i>Minimum</i> :	0.7143	0.4762	0.5952	0.5952
	<i>Median</i> :	<b>0.9405</b>	<b>0.9286</b>	0.9286	0.9167
	<i>Mittelwert</i> :	<b>0.9129</b>	<b>0.8810</b>	0.8951	0.8899
	<i>Maximum</i> :	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
Gewinner	<i>Minimum</i> :	0.7619	0.6190	0.6905	0.7143
	<i>Median</i> :	<b>0.9762</b>	<b>0.9524</b>	0.9167	0.9048
	<i>Mittelwert</i> :	<b>0.9457</b>	<b>0.8943</b>	0.9025	0.9018
	<i>Maximum</i> :	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
Alle	<i>Minimum</i> :	0.7143	0.4762	0.5952	0.5952
	<i>Median</i> :	<b>0.9643</b>	<b>0.9524</b>	0.9286	0.9048
	<i>Mittelwert</i> :	<b>0.9293</b>	<b>0.8876</b>	0.8988	0.8958
	<i>Maximum</i> :	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000

unterschiedliches Verhalten induzieren könnten.

Für die Modellevaluierung aus individueller Sicht wurde daher auf *Rang-Korrelationsanalysen nach Spearman* abgestellt. Diese (parameterfreien) Analysen reagieren auf metrische Daten zwar nicht so sensitiv wie etwa das (parametrische) Verfahren nach Pearson, sie kommen aber ohne die Voraussetzung einer approximativen Normalverteilung der Daten aus. Insbesondere erfüllen Rang-Korrelationskoeffizienten  $R$  auch die Forderung

$$R(c_j \cdot \xi_j^K, c_j \cdot \psi_j^K) = R(\xi_j^K, \psi_j^K).$$

Alle durchgeführten *Rang-Korrelationsanalysen* waren *signifikant* auf einem 5%-Niveau, d. h. die Nullhypothese, dass der berechnete Rang-Korrelationskoeffizient nicht positiv ist, konnte für alle Probanden verworfen werden. Statistische Kenngrößen der resultierenden Rang-Korrelationskoeffizienten sind in Tabelle 2.5 dargestellt. Die Anordnung der Spalten (Modelle) ist dabei nicht zufällig gewählt, sondern lässt bereits Unterschiede erkennen: Betrachtet man etwa die Mediane der Verlierer, Gewinner und aller Probanden, so lässt sich bereits eine monotone Tendenz feststellen. Es scheint, dass das Modell PTA (also Aggregation unter Vernachlässigung der Wahrscheinlichkeitsgewichtung) am besten und das Modell CPTA (Aggregation *und* Wahrscheinlichkeitsgewichtung) am zweitbesten abschneidet. Schlechter als die beiden Aggregationsmodelle sind die auf der Vernachlässigung vorheriger Gewinn- und Verlusterfahrungen basierenden Modelle PTP und CPT. Auch hier scheint die Berücksichtigung der Wahrscheinlichkeitsgewichtung

eher nachteilig. Dieser Trend tritt sowohl bei der Betrachtung aller Probanden, als auch separiert nach Verlierern und Gewinnern auf.

Die Rang-Korrelationskoeffizienten sind von ihrem Betrag (und Minimum) her recht hoch, was im Allgemeinen auf einen starken Zusammenhang zwischen den Größen  $\xi_j^K$  und  $\psi_j^K$  für alle Probanden und alle Modelle schließen lässt. Inwiefern sich dabei die eben beschriebenen Unterschiede statistisch „erhärten“ lassen, wird im folgenden Unterabschnitt untersucht.

## Paarweise Vergleiche der Modelle

Um die Modelle CPTA, CPT, PTP und PTA aus einer *aggregierten Perspektive* zu analysieren, eignen sich insbesondere parametrische Verfahren für verbundene Stichproben. Derartige Verfahren setzen voraus, dass die Stichproben (Rang-Korrelationskoeffizienten) approximativ normalverteilt sind. Deshalb wurden die Rang-Korrelationskoeffizienten

$$\{R_1^K(\xi_1^K, \psi_1^K), \dots, R_{64}^K(\xi_{64}^K, \psi_{64}^K)\}$$

für alle Modelle  $K \in \{CPTA, CPT, PTP, PTA\}$  zunächst mit Hilfe von Shapiro-Wilk-Tests auf Normalverteilung<sup>71</sup> untersucht. Leider hatten diese Analysen zum Ergebnis, dass die Nullhypothese einer approximativen Normalverteilung in den meisten Fällen verworfen werden musste. Für die Analyse kamen daher (parameterfreie) Wilcoxon-Rangsummen-Tests für gepaarte (verbundene) Stichproben zur Anwendung. Diese formulieren in ihrer Nullhypothese, dass zwei verbundene Stichproben bezüglich der zentralen Tendenz übereinstimmen. Diese ist abzulehnen, falls der Test auf einem  $p$ -level<sup>72</sup> kleiner 5% terminiert. Bei einer zweiseitigen Fragestellung ist dann die Gegenhypothese anzunehmen, welche darin besteht, dass sich beide Stichproben bezüglich ihrer zentralen Tendenz unterscheiden. Gibt es wie in dieser Studie einen Anlass zu vermuten, dass ein Modell  $K$  etwa besser („ $\succ$ “) als ein alternatives Modell  $K'$  ist, dann kann ein Wilcoxon-Rang-Summen-Test auch mit der Alternativ-Hypothese „ $K \succ K'$ “ durchgeführt werden.<sup>73</sup> Die Resultate in Tabelle 2.5 suggerieren (einseitige) Formulierungen der Alternativ-Hypothesen wie in Tabelle 2.6 angegeben. Dort sind die entsprechenden  $p$ -level für den Vergleich der Modelle getrennt nach Verlierern (V), Gewinnern

<sup>71</sup>Alle in dieser Arbeit durchgeführten Statistik-Analysen wurden mit der Software R durchgeführt.

<sup>72</sup>Signifikanzniveau: Irrtumswahrscheinlichkeit, d. h. Wahrscheinlichkeit für einen Fehler 1. Art.

<sup>73</sup>Genauer: Der Wilcoxon-Rangsummentest überprüft hier die Alternativ-Hypothese, dass der Median  $Z$  der Folge der Paardifferenzen  $\delta_j := \xi_j^K - \psi_j^{K'}$  positiv ist.



Tabelle 2.6: Vergleiche ( $p$ -level) der Korrelationskoeffizienten I.

Alternativ-Hypothese	V / G Alle	Alternativ-Hypothese	V / G Alle
PTA $\succ$ CPTA	0.1094/ <b>0.0102</b> <b>0.0055</b>	CPTA $\succ$ PTP	0.7738 / 0.5624 0.6955
PTA $\succ$ PTP	<b>0.0481/ 0.0012</b> <b>0.0002</b>	CPTA $\succ$ CPT	0.5451 / 0.5800 0.5284
PTA $\succ$ CPT	<b>0.0175 /0.0005</b> <b>0.0001</b>	PTP $\succ$ CPT	0.1348 / 0.6392 0.2021

(G) und sowohl Verlierern als auch Gewinnern (Alle) dokumentiert. Zusätzlich wurden die Wilcoxon-Rangsummen-Tests auch mit den komplementären Alternativ-Hypothesen „ $K \prec K'$ “ für alle in Tabelle 2.6 angegebenen Vergleiche durchgeführt.<sup>74</sup> Diese waren in hohem Maße *nicht signifikant*.

Abschließend wurde untersucht, ob es statistische Unterschiede zwischen Gewinnern und Verlierern gibt. Zur Beantwortung dieser Frage wurden parameterfreie Wilcoxon-Mann-Whitney-Tests (auch bekannt als Mann-Whitney-U-Tests) für unabhängige Stichproben durchgeführt, mit dem Resultat, dass *keine signifikanten Unterschiede* bezüglich der zentralen Tendenz der Ausprägung der Rang-Korrelationskoeffizienten *von Verlierern und Gewinnern* für die Modelle CPTA ( $p = 0.6682$ ), PTA ( $p = 0.1162$ ), PTP ( $p = 0.8341$ ) und CPT ( $p = 0.9999$ ) nachgewiesen werden konnte.

Die Hauptresultate der statistischen Vergleiche bezüglich der Modelle sind damit:

1. Das *Modell PTA* ist sowohl insgesamt als auch separiert nach Verlierern und Gewinnern *signifikant besser* als die Modelle CPTA, PTP, CPT.
2. Die *Modelle CPTA, PTP, CPT* sind dabei bezüglich paarweiser Vergleiche *gleichermaßen gut*.
3. Es sind *keine Unterschiede* für die Ausprägung der Rang-Korrelationskoeffizienten *zwischen Verlierern und Gewinnern* nachweisbar, d. h. es gibt keine Verhaltensunterschiede zwischen Teilnehmern mit Verlust- versus solchen mit Gewinnerfahrung.

<sup>74</sup>Da z. B. insbesondere die Relation aufgrund der Mediane etwa für die Relation von CPTA und PTP in Tabelle 2.5 nicht direkt ersichtlich ist.

### 2.3.3 Zusammenfassung

Zieht man ein Resümee über die Ergebnisse von Experiment 1, ergeben sich zunächst die folgenden Aspekte im Hinblick auf die *Methodik*:

- Die *praktische Durchführung* des MTK-Mechanismus ist insbesondere bei „Verfeinerungen“ *sehr aufwendig* und praktisch ohne Computer-Unterstützung nicht möglich.
- Die Anwendung des MTK-Mechanismus stellt *hohe psychologische Anforderungen* (Geduld, Aufmerksamkeit) *an die Probanden*.<sup>75</sup>
- Der (approximative) *Ansatz von Tversky und Kahneman (1992)* in einem *anreizkompatiblen Kontext* scheint *geeignet*, diese oder ähnliche *Fragestellungen zu untersuchen*. Der damit verbundene Rechenaufwand ist eher gering.

Um die Resultate im Bezug auf die *inhaltlichen Aspekte* zusammenzufassen, sei noch einmal auf die Tabellen 2.5 und 2.6 verwiesen:

- Die Forschungshypothese, dass *vorherige Gewinn- und Verlusterfahrungen mit Auszahlungen in einer Lotterie im Sinne des Modells CPTA aggregiert* verarbeitet werden, muss in dieser Studie *zugunsten des Modells PTA zurückgewiesen* werden.
- Empirisch konnte lediglich nachgewiesen werden, dass *sowohl Gewinn- als auch Verlusterfahrungen mit positiven oder negativen Auszahlungen einer Lotterie aggregiert* verarbeitet werden, die *Gewichtung der Lotterie-Risiken* aber eher *unmaßgeblich* ist.
- Die Resultate dieses Experiments widerlegen allerdings eine zentrale Annahme der CPT: *Gewinn- und Verlusterfahrungen sind nicht mit dem Ausgangsvermögen bzw. dem Referenzpunkt konsolidiert*, sondern werden bei der Bewertung einer Lotterie berücksichtigt.
- Bezüglich eines klassischen Ansatzes, wie etwa der EUT kann festgestellt werden, dass das *Risikoverhalten nicht mit einer „globalen“ Nutzenfunktion zu erklären* ist, und es werden offensichtlich auch *keine Endvermögensstände bewertet*. Allerdings werden *vorherige Gewinn- und Verlusterfahrungen auch nicht ignoriert*.

---

<sup>75</sup>Dies ergaben Beobachtungen während, aber auch verbale Befragungen nach den Experimenten.

## 2.4 Experiment 2: Der MBDM-Mechanismus und Aggregation

Auch dieses Experiment wurde konzipiert, um die Auswirkung vorheriger Gewinn- Verlusterfahrungen auf das Entscheiderverhalten zu untersuchen. Hier sollte allerdings der anreizkompatible MBDM-Mechanismus zu Anwendung kommen. Dieser wurde sowohl bei der Messung der CPT-Parameter als auch zur Erhebung von Indifferenzaussagen für den Vergleich verschiedener Modelle eingesetzt. Auf die auch hier zusätzlich durchgeführte Analyse bezüglich der NEO-FFI Befragung soll in dieser Arbeit nicht eingegangen werden.<sup>76</sup>

### 2.4.1 Experimentelles Design und Durchführung

Auch dieses anreizkompatible, computergestützte<sup>77</sup> Laborexperiment<sup>78</sup> wurde an der Humboldt-Universität zu Berlin durchgeführt<sup>79</sup>. Jeder der insgesamt 80 Probanden erhielt vor Beginn des eigentlichen Experiments einen „Show-up-fee“ von 11 Euro.<sup>80</sup> Diese Studie beinhaltete wieder die drei Hauptbestandteile: *Messteil*, *Erfahrungsteil* und *Evaluierungsteil*. Zusätzlich wählten die Probanden in dieser Studie noch Strategien im Rahmen zweier Koordinationsspiele.

Die *einzelnen Teile* des Experiments *unterschieden sich* in einigen Aspekten von denen in Abschnitt 2.3. *Ursache* dafür ist einerseits, dass die *Anreizkompatibilität im Rahmen* einer entsprechenden *finanziellen Restriktion* zur realisieren war. Andererseits bedingt die Anwendung des Ansatzes von Abdellaoui (2000), dass die dort zu lösenden *Indifferenzgleichungen keine analytischen Lösungen* besitzen und nur numerisch, mit Hilfe von implementierten Nullstellenverfahren, gelöst werden konnten. Dabei zeigte sich bei der „Konstruktion“ von Lotterievergleichen, dass die Zielfunktion sehr sensitiv im Hinblick auf die Lösungsmenge reagiert und man dadurch *mathematisch*

---

<sup>76</sup>Siehe hierzu Becker (2005).

<sup>77</sup>Die Implementierung erfolgte auch hier unter Verwendung der durch das Institut für Entrepreneurship/Innovationsmanagement entwickelten Experimentalsoftware ENEXI.

<sup>78</sup>Eine Dokumentation der entsprechenden Bildschirmausgaben kann beim Autor angefordert werden.

<sup>79</sup>An dieser Stelle möchte ich mich bei Herrn Dipl.-Kfm. Klaus Dieter Becker für die Zusammenarbeit bei der Planung, für die Implementierung, Durchführung und Berechnung der Parameter und Präferenzwerte bedanken.

<sup>80</sup>Das Geld musste dabei wieder von den Probanden sofort privat verwahrt werden, um eine mögliche Beeinflussung des Verhaltens im Experiment zu minimieren.

Tabelle 2.7: Lotterievergleiche des Messteils Exp. 2.

Situation:	$P^1$	$P^2$	$P^3$	$P^4$
Generierung von $\alpha$ :	(110; 80)	( $y_1$ ; 40)	( $y_1$ ; 80)	( $y_2$ ; 40)
Generierung von $\beta$ :	(-110; -80)	( $y_1$ ; -40)	( $y_1$ ; -80)	( $y_2$ ; -40)
Generierung von $w^+$ :	(110; 60)	$y_1$	-	-
Generierung von $w^-$ :	(-110; -60)	$y_1$	-	-

numerische Restriktionen zu beachten hatte.

Grundlage für die *Generierung der Wertfunktionsparameter*  $\alpha, \beta > 0$  im *Messteil* sind Lotterievergleiche in Anwendung der *Tradeoff-Methode* von Abdellaoui (2000). Dazu betrachte man zunächst wieder zwei Lotterievergleiche  $P^1 = (p, x_1, 1 - p, x_2)$  versus  $P^2 = (p, y_1, 1 - p, z)$  und  $P^3 = (p, y_1, 1 - p, x_2)$  versus  $P^4 = (p, y_3, 1 - p, z)$  in denen die Auszahlungen  $x_1, x_2, z$  und die Wahrscheinlichkeit  $p$  gegeben sind. Allerdings muss hier im Hinblick auf eine korrekte Gewichtung und unter Berücksichtigung, dass die Wertfunktion monoton wachsend ist, gelten:  $0 \leq z < x_2 < x_1 < y_1 < y_2$ <sup>81</sup>, damit aus den Indifferenzaussagen für  $y_1$  und  $y_2$  folgt:

$$\begin{aligned} w^+(p) \cdot v(x_1) + (1 - w^+(p)) \cdot v(x_2) = \\ w^+(p) \cdot v(y_1) + (1 - w^+(p)) \cdot v(z) \end{aligned} \quad (2.29)$$

$$\begin{aligned} w^+(p) \cdot v(y_1) + (1 - w^+(p)) \cdot v(x_2) = \\ w^+(p) \cdot v(y_2) + (1 - w^+(p)) \cdot v(z), \end{aligned} \quad (2.30)$$

zusammen also

$$v(y_1) = \frac{1}{2}(v(x_1) + v(y_2)). \quad (2.31)$$

Die zugrundegelegten Lotterievergleiche sind in Tabelle 2.7 dargestellt. Alle Auszahlungen entsprechen wieder (Euro-) Cent und die Wahrscheinlichkeit war mit  $p = 0.67$  spezifiziert.

Der *Parameter*  $\alpha$  ergibt sich dann gemäß 2.19 als Lösung<sup>82</sup> von:

$$y_1^\alpha = \frac{1}{2}(x_1^\alpha + y_2^\alpha), \quad (2.32)$$

entsprechend für  $\beta$ :

$$y_1^\beta = \frac{1}{2}(x_1^\beta + y_2^\beta). \quad (2.33)$$

<sup>81</sup>Für negative Lotterien entsprechend umgekehrt.

<sup>82</sup>Diese Gleichung kann nur numerisch gelöst werden. In dieser Arbeit geschah dies mit Hilfe der Software Mathematica.

Die *Gewichtungsparameter* berechnen sich aus

$$w^+(0.67) = \left( \frac{y_1 - 60}{110 - y_1} \right)^\alpha, \quad (2.34)$$

$$w^-(0.67) = \left( \frac{y_1 - 60}{110 - y_1} \right)^\beta. \quad (2.35)$$

Auf die *Bestimmung des Verlustavversionsparameters*  $\lambda$  wurde in dieser Studie *aufgrund der Zeit- bzw. finanziellen Restriktion verzichtet*, d. h. es kamen hier auch keine gemischten Lotterien zur Anwendung. Die Intervalle für die Zufallszahl  $z$  (vgl. Abschnitt 2.2.2) bei der Anwendung des MBDM-Mechanismus waren so gewählt, dass diese gemäß 2.32 mit Parametern für  $\alpha, \beta \in [0.1, 3]$  korrespondieren.<sup>83</sup>

Es war auch möglich, *Werte außerhalb dieser Intervalle* anzugeben, was einen Rückschluss auf die *Verständlichkeit* des MBDM-Mechanismus für den Probanden gestattet: Wenn ein Proband einen Wert kleiner/gleich der vorgegebenen Intervalluntergrenze für  $z$  wählt, dann tauscht dieser die Lotterie  $P^1$  gegen die Lotterie  $P^2$  mit einer schlechteren Auszahlung  $y_1$ . Hier ist das *Prinzip der Stochastischen Dominanz verletzt*. Wählt der Proband hingegen  $z$  größer als die Intervallobergrenze, erhält dieser mit Sicherheit  $P^1$ . Unter der Annahme, dass ein Parameter kleiner 0.1 (zum Abbilden von Risikoaversion) und ein Parameter größer als 3 (zum Abbilden von Risikofreude) in der Potenz-Wertfunktion ausgeschlossen werden kann<sup>84</sup>, *verstößt* dieses Verhalten *gegen das Vollständigkeitsprinzip*, da der Proband offensichtlich  $P^1$  nicht mit  $P^2$  vergleichen kann (will).

Bei der Durchführung wurde (nach einer entsprechenden „Willkommens“-Bildschirmausgabe mit Danksagung) die *MBDM-Prozedur* noch einmal *ausführlich erläutert* und es wurden „Handouts“ mit Beispielen verteilt. Den Probanden wurde auch hier mitgeteilt, dass *zufallsbedingt eine* der entsprechenden Entscheidungssituationen *auszahlungsrelevant* werden würde.<sup>85</sup> Anschließend fanden die entsprechenden Abfragen statt.

Der *Erfahrungsteil* unterschied sich von Studie 1 insofern, als dass für jeden

---

<sup>83</sup>Diese Größen resultieren einerseits aus der oben beschriebenen Problematik der Sensitivität der Zielfunktion. Andererseits scheint das Intervall  $[0.1, 3]$  hinreichend, um dass mit diesen Werten korrespondierende Ausmaß an Risikofreude bzw. Risikoaversion zu bestimmen.

<sup>84</sup>Man verdeutliche sich, was diese Extreme schon bedeuten.

<sup>85</sup>Beziehungsweise wurde in jeder Situation daran erinnert.

Tabelle 2.8: Lotterievergleiche des Evaluierungsteils Exp. 2.

Situation:	$P^1$	$P^2$
Vergleich 1 und 2:	(110; 60)	$y_1$
Vergleich 3 und 4:	(160; 110)	$y_1$
Vergleich 5 und 6:	(210; 150)	$y_1$
Vergleich 7 und 8:	(260; 190)	$y_1$
Vergleich 9 und 10:	(310; 230)	$y_1$
Vergleich 11 und 12:	(370; 250)	$y_1$

Probanden die Zufallsziehung in folgender Form stattfand: Auf dem Monitor wurde ein „Glücksrad“ angezeigt, dessen eine Hälfte grün, die andere rot ausgefüllt war. Die Farbe „Grün“ symbolisiert dabei einen *Gewinn* von 500 (Euro-) Cent und die Farbe „Rot“ einen *Verlust* von 500 (Euro-) Cent. Dem Probanden wurde mitgeteilt, dass der Computer das Glücksrad zufällig drehen würde, und je nachdem, mit welcher Farbe es an der Markierung stoppen würde, ist die entsprechende Auszahlung für den Probanden relevant.<sup>86</sup> Insgesamt führte diese Prozedur über alle Sitzungen dann zu 40 Gewinnern und 40 Verlierern.

Im *Evaluierungsteil* bewerteten die Teilnehmer dann Lotterien gemäß Tabelle 2.8. Die Auszahlungen waren dabei einmal positiv (Situationen mit ungerader Nummer) und einmal negativ (Situation mit gerader Nummer). Die Wahrscheinlichkeit für die erste Auszahlung war wie im Messteil mit 67% spezifiziert. Alle Erhebungen wurden mit Hilfe des MBDM-Mechanismus durchgeführt. Dabei entsprach das Intervall für die Zufallsgröße  $z$  (siehe Abschnitt 2.2.2) den jeweiligen Unter- und Obergrenzen der Auszahlungen in den Lotterien.

Im Anschluss an den Evaluierungsteil nahmen die Probanden noch an einem „Battle Of The Sexes“ Spiel mit ausschließlich positiven und an einem weiteren Koordinationsspiel mit ausschließlich negativen Auszahlungen teil.<sup>87</sup> Nach den oben erwähnten Erhebungen, dem psychologischen Frage- und einem Statistikteil wurde *eine Entscheidungssituation* oder ein Spiel *ausgewählt* und die Angabe bzw. das Spielergebnis *auszahlungsrelevant*. Das jeweilige Ergebnis wurde zur Gewinn- oder Verlusterfahrung hinzuaddiert und im Falle eines *positiven Saldos vom Experimentator aus-*, im Falle eines *negativen*

<sup>86</sup>Es gab in dieser Studie also keine „Neutralen“.

<sup>87</sup>Auf deren Auswertung soll im Rahmen dieser Arbeit ebenfalls verzichtet werden.

Tabelle 2.9: Verläufe der Wertfunktion Exp. 2.

		Verlustbereich:		
		konkav	linear	konvex
Gewinnbereich:	konkav	5 (11.6%)	3 (7.0%)	3 (7.0%)
	linear	3 (7.0%)	15 (34.8%)	1 (2.0%)
	konvex	5 (11.6%)	7 (16.3%)	1 (2.0%)

*Saldos vom Probanden einbezahlt.*<sup>88</sup> Die *mittlere Auszahlung* des Experimentators betrug 11 Euro, bei einer *mittleren Experimentdauer* von 65 Minuten.

## 2.4.2 Resultate

Dieser Unterabschnitt gestaltet sich analog zur Dokumentation der Resultate des ersten Experiments.

## Deskriptive Statistik

An diesem Experiment nahmen insgesamt 80 *Personen* teil. Auch hier lag das *Durchschnittsalter* bei 25 Jahren und 47 Probanden waren *Studenten der Wirtschaftswissenschaften* (der Rest verteilte sich auf andere Studiengänge). Leider können nur die *Daten von 17 Frauen* und *26 Männern für eine vollständige Analyse* verwendet werden. Die *anderen 37 Teilnehmer* machten bei der Anwendung des MBDM-Mechanismus ein oder mehrere Male *Angaben außerhalb des Intervalls für die Zufallszahl  $z$*  (vgl. vorheriger Abschnitt) bzw. implizierten die Antworten bei der Tradeoff-Methode, dass die *Annahme einer monoton wachsenden Wertfunktion verletzt* war. Das *Verhalten* der verbleibenden *Frauen und Männer* unterschied sich über das gesamte Experiment (also sowohl vor, als auch nach der Gewinn- oder Verlusterfahrung) *nicht signifikant* voneinander.<sup>89</sup>

Tabelle 2.9 gibt zunächst Auskunft über den *Verlauf der Wertfunktionen* des verbleibenden Samples.

Auffällig ist hier zunächst, dass *gerade 3 Individuen (7%)* mit dem *Medianentscheiderverhalten der CPT identifiziert* werden können. Weiterhin ist der *An-*

<sup>88</sup>Die möglichen Auszahlungen des gesamten Experiments waren dabei so konstruiert, das man maximal 9 Euro verlieren bzw. 8 Euro gewinnen konnte.

<sup>89</sup>Auch hier muss darauf hingewiesen werden, dass die entsprechenden Gruppengrößen von 19 bzw. 26 Probanden auch nur bedingt signifikante Unterschiede erwarten lassen.

Tabelle 2.10: Verläufe der Wertfunktion in Abdellaoui (2000).

		V-Bereich:			
		konkav	linear	konvex	gemischt
G-Bereich:	konkav	4 (10.0%)	4 (10.0%)	13 (32.5%)	0 (0.0%)
	linear	3 (7.5%)	0 (0.0%)	4 (10.0%)	0 (0.0%)
	konvex	1 (2.5%)	3 (7.5%)	0 (0.0%)	4 (10.0%)
	gemischt	0 (0.0%)	3 (7.5%)	0 (0.0%)	1 (2.5%)

Tabelle 2.11: Ergebnisse des Messteils im zweiten Experiment.

Parameter:	Minimum	Maximum	Median	Mittelwert
$\alpha$	0.25	2.61	1.00	1.12
$\beta$	0.22	2.27	1.00	1.16
$w^+$	0.09	0.67	0.44	0.45
$w^-$	0.14	0.98	0.50	0.53

teil linearer Funktionsverläufe relativ groß.<sup>90</sup> Vergleicht man diese Resultate mit den Ergebnissen von Abdellaoui (2000) in Tabelle 2.10, dann ist der Anteil der Probanden mit konkaven Wertfunktionen im Gewinn- und konvexen Wertfunktionen im Verlustbereich auch dort eher gering.<sup>91</sup> Auch hier sind die Häufungen linearer Wertfunktionen unerwartet hoch. Eine Übersicht über statistische Kenngrößen der Parameter in Studie 2 liefert Tabelle 2.11. Auch die Mediane und Mittelwerte für  $\alpha$  und  $\beta$  sprechen nicht gerade für ein Verhalten gemäß eines CPT-Medianentscheiders. Für die Gewichtung der Wahrscheinlichkeit von 0.67 kann die zentrale Tendenz einer Untergewichtung bestätigt werden.

## Korrelationsanalysen

Für die Modellevaluierung aus individueller Sicht wurde in dieser Studie wieder auf Rang-Korrelationsanalysen nach Spearman abgestellt, da einerseits insbesondere für die Modelle CPT und PTP die Normalverteilungsannahme über die Ausprägung der Präferenzwerte durch durchgeführte Shapiro-Wilk-

<sup>90</sup>Für diesen Fall unterscheiden sich die Prognosen für alle Modelle nicht voneinander. Trotzdem werden auch solche Individuen im zu analysierenden Sample belassen, da wie in der ersten Studie eine Prognose für das Verhalten im gesamten Aggregat stattfinden soll. Außerdem sind lineare Verläufe ein Spezialfall aller Modelle und sollten deshalb nicht als Ausschlusskriterium dienen.

<sup>91</sup>Durch mehrmalige Messungen war es dort auch möglich, dass Wertfunktionen nicht eindeutig mit konvexem oder konkavem Verlauf zu identifizieren waren. Diese werden in Tabelle 2.10 mit „gemischt“ bezeichnet.



Tabelle 2.12: Spearman-Rang-Korrelationskoeffizienten II.

Modell:		<b>PTA</b>	<b>CPTA</b>	PTP	CPT
Verlierer	<i>Minimum</i> :	0.9075	0.9559	0.9588	0.7353
	<i>Median</i> :	<b>0.9926</b>	<b>0.9824</b>	0.9761	0.9804
	<i>Mittelwert</i> :	<b>0.9846</b>	<b>0.9815</b>	0.9740	0.9579
	<i>Maximum</i> :	1.0000	1.0000	0.9824	0.9993
Gewinner	<i>Minimum</i> :	0.9378	0.9647	0.9647	0.8442
	<i>Median</i> :	<b>0.9874</b>	<b>0.9882</b>	0.9735	0.9705
	<i>Mittelwert</i> :	<b>0.9800</b>	<b>0.9853</b>	0.9732	0.9639
	<i>Maximum</i> :	1.0000	1.0000	0.9824	1.0000
Alle	<i>Minimum</i> :	0.9075	0.9559	0.9588	0.7353
	<i>Median</i> :	<b>0.9874</b>	<b>0.9853</b>	0.9735	0.9726
	<i>Mittelwert</i> :	<b>0.9824</b>	<b>0.9833</b>	0.9736	0.9608
	<i>Maximum</i> :	1.0000	1.0000	0.9824	1.0000

Tests nicht aufrecht erhalten werden konnte, andererseits um eine Vergleichbarkeit mit dem ersten Experiment zu realisieren. Alle Rang-Korrelationen waren in höchstem Maße, d. h. mindestens auf einem 0.01%-Niveau, signifikant. Die entsprechenden statistischen Kenngrößen der Rang-Korrelationskoeffizienten sind in Tabelle 2.12 dargestellt.

Auch hier suggerieren die Ergebnisse (wie im ersten Experiment), dass die auf Aggregation basierten Modelle PTA und CPTA eine bessere Vorhersage generieren, als die auf der Vernachlässigung vorheriger Gewinn- oder Verlustverfahren basierten Ansätze PTP und CPT. Leider waren auch in dieser Studie für eine bedeutende Anzahl von Personen und verschiedene Modelle die Verteilungen der Korrelationskoeffizienten nicht approximativ normalverteilt, so dass wie in der Auswertung des ersten Experiments ein parameterfreies Verfahren zur Anwendung kommen musste.

## Paarweise Vergleiche der Modelle

In Tabelle 2.13 sind wieder die  $p$ -level der entsprechenden, bezüglich *gerichteter* Hypothesen, durchgeführten Wilcoxon-Rangsummentests dargestellt.<sup>92</sup> Die zusätzlich durchgeführten Wilcoxon-Mann-Whitney-Tests für unabhängige Stichproben offenbaren auch in dieser Studie, dass *keine signifikanten Unterschiede* bezüglich der zentralen Tendenz der Ausprägung der Rang-Kor-

<sup>92</sup>Alle komplementär formulierten Alternativ-Hypothesen mussten auch hier verworfen werden.

Tabelle 2.13: Vergleiche ( $p$ -level) der Korrelationskoeffizienten II.

Alternativ-Hypothese	V / G Alle	Alternativ-Hypothese	V / G Alle
PTA $\succ$ CPTA	0.5107/ 0.7981 0.4946	CPTA $\succ$ PTP	<b>0.0064 / 0.0006</b> <b>0.0001</b>
PTA $\succ$ PTP	<b>0.0012/ 0.0410</b> <b>0.0005</b>	CPTA $\succ$ CPT	<b>0.0250/ 0.0013</b> <b>0.0002</b>
PTA $\succ$ CPT	<b>0.0005 /0.0033</b> <b>0.0001</b>	PTP $\succ$ CPT	0.2273 / 0.2433 0.1741

relationskoeffizienten *von Verlierern und Gewinnern* für die Modelle CPTA ( $p = 0.3420$ ), PTA ( $p = 0.3112$ ), PTP ( $p = 0.2721$ ) und CPT ( $p = 0.6528$ ) nachgewiesen werden können.

Insgesamt können als Hauptresultate der statistischen Auswertung von Experiment 2 festgehalten werden:

1. Sowohl das *Modell CPTA*, als auch das *Modell PTA* ist insgesamt als auch separiert nach Verlierern und Gewinnern *signifikant besser* als die Modelle PTP und CPT.
2. Die *Modelle CPTA und PTA* sind dabei bezüglich paarweiser Vergleiche *gleichermaßen gut*.
3. Die *Modelle PTP und CPT* sind dabei bezüglich paarweiser Vergleiche *gleichermaßen gut*.
4. Es konnten *keine Unterschiede* für die Ausprägung der Rang-Korrelationskoeffizienten *zwischen Verlierern und Gewinnern* nachgewiesen werden.

### 2.4.3 Zusammenfassung

Zieht man ein Resümee über die Ergebnisse von Experiment 2, ergeben sich zunächst die folgenden Aspekte im Hinblick auf die *Methodik*:

- Die *praktische Durchführung* des MBDM-Mechanismus ist *eher weniger aufwendig*. Die Ziehung der Zufallszahl  $z$  mit Computer-Unterstützung aber schneller möglich.
- Die Anwendung des MBDM-Mechanismus stellt *hohe psychologische Anforderungen* (hier insbesondere Verständnisbereitschaft, -fähigkeit) *an die Probanden*.

- Der MBDM-*Mechanismus* in Verbindung mit der *Tradeoff-Methode* von Abdellaoui (2000) und in einem *anreizkompatiblen Kontext* scheint geeignet, diese oder ähnliche *Fragestellungen zu untersuchen*. Der damit verbundene Rechenaufwand ist aber eher groß, da dieser die Anwendung geeigneter numerischer Nullstellenverfahren für die Ableitung der Parameter der Präferenzwertmodelle bedingt.

Im Zusammenhang mit der Fragestellung dieser Arbeit aber viel interessanter sind dann natürlich wieder *inhaltliche* Aspekte. Im Hinblick auf die *Güte* oder *Qualität* der getesteten *entscheidungstheoretischen Modelle* kann insbesondere in Verbindung mit den Tabellen 2.12 und 2.13 festgehalten werden:

- Die empirischen Resultate dieser Studie validieren die Forschungshypothese, dass vorherige *Gewinn- und Verlusterfahrungen mit Gewinnen und Verlusten* einer zu bewertenden Lotterie *aggregiert* werden.
- Die Prognosegüte eines Modells, welches die Gewichtung von Risiken impliziert (CPTA) ist in etwa gleich der Prognosegüte eines Modells, welches die Gewichtung von Risiken vernachlässigt (PTA).
- Die Vermutung, dass *Gewinn- und Verlusterfahrungen mit dem Ausgangsvermögen bzw. dem Referenzpunkt* im Sinne der CPT *wahrgenommen* werden, muss als *widerlegt* angesehen werden.
- Auch in diese Studie muss ein *klassischer Ansatz*, wie etwa die EUT als *falsifiziert* angesehen werden, da das Risikoverhalten nicht mit einer „globalen“ Nutzenfunktion zu erklären ist und offensichtlich auch keine Endvermögensstände bewertet werden. Insbesondere werden vorherige Gewinn- und Verlusterfahrungen auch nicht vernachlässigt.

## 2.5 Vergleich beider Experimente

Den Ausgangspunkt des Vergleichs beider Studien sollen zunächst die Vergleiche der Mediane der Spearman-Rang-Korrelationskoeffizienten in Tabelle 2.14 bilden. Diese sind getrennt für die beiden Studien in der zweiten und dritten Spalte, jeweils getrennt nach Verlierern und Gewinnern und für alle Teilnehmer dargestellt. Fett gedruckte Einträge identifizieren jeweils das Maximum beim paarweisen Vergleich und in der letzten Spalte ist das Ergebnis eines parameterfreien Wilcoxon-Mann-Whitney-U-Tests für unabhängige Stichproben in Form des Signifikanzlevels dargestellt: Ein Eintrag mit „\*\*\*“ verdeutlicht einen Unterschied auf einem  $p$ -level kleiner als 0.1%. Die Abkürzung „n.s.“ symbolisiert, dass es keine signifikanten Unterschiede auf einem

Tabelle 2.14: Vergleich der Mediane der Rangkorrelationskoeffizienten.

	Experiment 1 Verlierer /Gewinner Alle	Experiment 2 Verlierer /Gewinner Alle	Signifikanz
PTA	0.9405 / 0.9762 0.9643	<b>0.9926 / 0.9874</b> <b>0.9874</b>	*** / n.s. ***
CPTA	0.9286 / 0.9524 / 0.9524	<b>0.9824 / 0.9882</b> <b>0.9853</b>	*** / *** ***
PTP	0.9286 / 0.9167 / 0.9286	<b>0.9761 / 0.9735</b> <b>0.9735</b>	*** / *** ***
CPT	0.9167 / 0.9048 / 0.9048	<b>0.9804 / 0.9705</b> <b>0.9726</b>	*** / *** ***

5% Niveau gibt.

In der *zweiten Studie* sind die *Spearman-Rang-Korrelationskoeffizienten*, außer für Teilnehmer mit Gewinnerfahrung und das Modell PTA, *signifikant größer*. Dieses Ergebnis überrascht zunächst, wenn man unterstellt, dass eine gewünschte Randomisierung der Teilnehmer insofern erfolgreich war, als dass eine repräsentative Teilpopulation durch das Anmeldesystem in beiden Studien gleichermaßen realisiert wurde. (Weiterhin kann aufgrund der zeitlichen Distanz beider Studien davon ausgegangen werden, dass jeweils unterschiedliche Probanden teilgenommen haben.)

Über die *Ursachen* für das vorgefundene Phänomen kann man (ex post) allerdings nur spekulieren:

- Möglicherweise sind die durch den *MTK-Mechanismus inhärenten* (zum Teil durch die Approximation bedingten) *Messungenauigkeiten* dafür verantwortlich, dass die feinere Nuancierung einer Wahrscheinlichkeitsgewichtung unerheblich wird. Dafür spricht auch das Ergebnis, dass im ersten Experiment das Modell PTP etwas besser als Modell CPT war, im zweiten Experiment jedoch der umgekehrte Fall eintrat (siehe Tabelle 2.5 bzw. 2.12). Außerdem unterschieden sich (aufgrund der zu erwartenden Experimentkosten) die Wahrscheinlichkeitsverteilungen der Lotterien in beiden Studien.
- Die *Dauer und monotone MTK-Prozedur* mag möglicherweise dazu geführt haben, dass die Teilnehmer unaufmerksam geworden sind, was zu späteren Zeitpunkten zu einem „willkürlichem“ Antwortverhalten

geführt hat und somit Inkonsistenzen zwischen dem Mess- und Evaluierungsteil verstärkt aufgetreten sind. Beispielsweise ist es praktisch möglich, im Messteil ein Verhalten bezüglich von Risikofreude (Untergewichtung einer Wahrscheinlichkeit) zu demonstrieren und im Evaluierungsteil die umgekehrte Tendenz, also Risikoaversion (Übergewichtung einer Wahrscheinlichkeit), zu implizieren.

- Die Auszahlungsintervalle der Lotterien wurden in beiden Studien zwar annähernd, d. h. im Einklang mit zeitlichen bzw. finanziellen Restriktionen gewählt, allerdings wurde *im ersten Experiment zusätzlich ein Verlustaversionparameter* erhoben, der für die Quantifizierung einer gemischten Lotterie bzw. deren Präferenzwert maßgeblich war: Damit existiert in Studie 1 eine zusätzliche Fehlerquelle.

Zusammenfassend muss jedoch festgehalten werden, dass die *Beträge der Spearman-Rang-Korrelationskoeffizienten in beiden Studien relativ hoch* sind, was im Allgemeinen für eine hohe Assoziation zwischen hypothetischen und auf Messung basierten Präferenzwerten spricht. Die Aggregation vorheriger Gewinn- und Verlusterfahrungen mit Auszahlungen von zur Disposition stehenden Lotterien konnte in beiden Studien nachgewiesen werden.

## 2.6 Vergleich mit anderen empirischen Studien

Der *Anspruch* der in Abschnitt 2.2 und 2.3 vorgestellten experimentellen Studien bestand darin, die *auf einer axiomatisch basierten Theorie* über die *Aggregation vorheriger Gewinne und Verluste mit zukünftigen Auszahlungen* und unter der Annahme konstanter Wert- und Gewichtungsfunktionen abgeleiteten *Prognosen* für Präferenzwerte zu testen. Darüber hinaus sollten *anreizkompatible Mechanismen* zur Anwendung kommen, die im Einklang mit dieser Theorie stehen.

Ein derartiger *Ansatz* ist *neu* in der Literatur und wurde im Abschnitt 2.1 vorgestellt. Die dort präsentierte Theorie sichert dabei, dass die Prognosen (und die Anreizkompatibilität verwendeter Mechanismen) für beliebige individuelle Wert- und Wahrscheinlichkeitsgewichtungsfunktionen abgeleitet werden können. Mit anderen Worten, für ein Individuum sind i.A. die folgenden Fälle für den Verlauf von Wertfunktionen in Kombination mit einer beliebigen, streng monoton wachsenden Gewichtungsfunktion denkbar:

- Konvexer Verlauf im Verlust- und konkaver Verlauf im Gewinnbereich,

- konvexer Verlauf sowohl im Verlust- als auch Gewinnbereich,
- konkaver Verlauf sowohl im Verlust- als auch Gewinnbereich, sowie
- konkaver Verlauf im Verlust- und konvexer Verlauf im Gewinnbereich.

Darüber hinaus ist auch das Auftreten von Verlustfreude möglich.

Im Zusammenhang mit Aggregation und den *eingangs erwähnten Studien* zum Mental Accounting, zu Sunk Costs Effekten, zum Dispositions-Effekt und zum Risk Return Paradoxon tritt jetzt das *Problem* auf, dass in diesen Arbeiten eine „aggregierte Sicht“ auf die Population stattfindet, indem in den empirischen und theoretischen Arbeiten *stets das Median-Entscheider-Verhalten der PT bzw. CPT zugrundegelegt* wird oder lediglich das Risikoverhalten *nach* einer Gewinn- oder Verlusterfahrung beobachtet wird.

So wird beim *Mental Accounting* (Thaler, 1985, 1999) etwa gefolgert, dass aufgrund der konkaven Wertfunktion im Gewinnbereich eine Anzahl von Gewinnen segregiert wahrgenommen wird, wo hingegen eine Anzahl von Verlusten, aufgrund der konvexen Wertfunktion im Verlustbereich, aggregiert wird. Bei der Präsenz von Verlustaversion sollte diese bewirken, dass kleinere Verluste mit größeren Gewinnen aggregiert werden. Schließlich postuliert Mental Accounting, dass kleine Gewinne und kleine Verluste segregiert verarbeitet werden, was auf den Unterschied der Steilheit der konkaven Wertfunktion im Gewinn- und der konvexen Wertfunktion im Verlustbereich zurückzuführen ist.<sup>93</sup>

Unter *Sunk Costs* versteht man i.A. Verluste, die durch spezifische, irreversible Investitionen entstanden sind. Innerhalb der Erwartungsnutzentheorie sollten diese bei der Bewertung eines aktuellen riskanten Entscheidungsproblems unberücksichtigt bleiben. Eine Vielzahl empirischer und experimenteller Studien<sup>94</sup> belegen jedoch, dass sich Entscheider risikofreudiger verhalten als in derselben Situation ohne Sunk Costs. Dies impliziert wiederum eine Aggregation in Verbindung mit einer konvexen Wertfunktion im Verlustbereich.

Unter dem sogenannten *Dispositionseffekt* versteht man das Phänomen, dass Kapitalanleger eine, mit einem (Kurs-) Verlust behaftete Aktie länger halten und eine mit einem (Kurs-) Gewinn behaftete Aktie früher verkaufen,

---

<sup>93</sup>Für das Auftreten dieser Phänomene in verschiedenen empirischen Studien, insbesondere auch im Zusammenhang mit weiteren Framing-Manipulationen siehe z. B. Thaler (1999).

<sup>94</sup>Siehe etwa Arkes und Blumer (1985).

als es eine normative Theorie implizieren würde.<sup>95</sup> Eine Möglichkeit<sup>96</sup> im Zusammenhang mit Aggregation und der PT (CPT) dieses Verhalten zu erklären, ist dabei die folgende: Der Einstandskurs der Aktie wird mit dem Referenzpunkt identifiziert. Ein Kursanstieg führt nun dazu, dass sich der Anleger im Gewinnbereich befindet und die möglichen Gewinne und Verluste relativ zu diesem neuen Kurs bewertet (siehe Abbildung 2.3). Unterstellt man Risikoaversion im Gewinnbereich, was mit einer konkaven Wertfunktion korrespondiert, dann sind (aufgrund der abnehmenden Sensitivität) zu realisierende Verluste betragsmäßig größer als zu realisierende Gewinne, d. h. der Anleger ist geneigt, die Aktie zu verkaufen. Umgekehrt verhält sich die Situation im Verlustbereich. Nach einem Kursverfall werden (aufgrund der konvexen Wertfunktion) zu realisierende Gewinne höher bewertet als betragsmäßig gleichgroße Verluste. Daraus resultiert die Tendenz, Aktien nach einem Kursverfall zu behalten. Dies bedeutet insbesondere auch, dass sowohl zukünftige Gewinne als auch Verluste, sowohl nach vorherigen Gewinn- als auch vorherigen Verlusterfahrungen berücksichtigt, d. h. aggregiert werden.

In *allen* bisher dargestellten *Erklärungsansätzen* für das beobachtete Verhalten in empirischen „Expost“-Betrachtungen, aber auch experimentellen Resultaten wird also das *Median-Entscheider-Verhalten* gemäß der Studie von Tversky und Kahneman (1992) *zugrundegelegt*. Dabei wird (teilweise) sogar die *Wahrscheinlichkeitsgewichtung vernachlässigt*. Betrachtet man jetzt die Resultate von Experiment 1 bezüglich der Wertfunktionsverläufe (siehe Tabelle 2.3), dann korrespondieren gerade 17.7% mit dem Medianentscheiderverhalten<sup>97</sup>, so dass ein *direkter Vergleich* mit den Analysen zu den dargestellten Anomalien *nicht möglich* ist.

Beim *Risk-Return-Paradoxon* handelt es sich um ein *Phänomen*, dass einem *Postulat* aus der, in der (klassischen) *Markttheorie* gemachten, Annahme über die Risikoaversion der Entscheider *widerspricht*: Dieses Postulat beinhaltet, dass Risiken positiv mit Gewinnen korreliert sein sollten. Indem Bowman (1980) Mittelwert und Varianz von Eigenkapitalrenditen als Maße für *Rendite und Risiko* verwandte, fand er allerdings eine *negative Beziehung* zwischen ihnen. Dieses Resultat wurde auch von anderen Autoren bestätigt.<sup>98</sup>

---

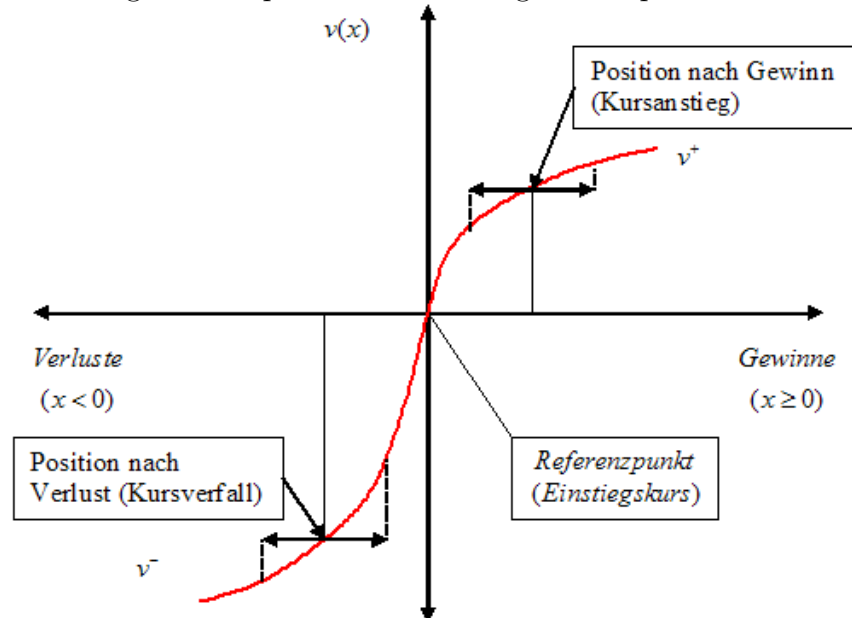
<sup>95</sup>Siehe auch Abschnitt 1.1.

<sup>96</sup>Für einen alternativen Ansatz, welcher auf der sogenannten *Regrettheorie* (Loomes und Sugden, 1983) basiert, siehe z. B. Shefrin und Statman (1985).

<sup>97</sup>Der Anteil von Probanden mit bezüglich aller CPT-Parameter übereinstimmenden Parametern liegt bei Experiment 1 gerade bei 7.3% und bei Experiment 2 bei 1%.

<sup>98</sup>Siehe etwa Bowman (1980), Fiegenbaum und Thomas (1988), McNamara und Bromiley (1999).

Abbildung 2.3: Graphische Darstellung des Dispositionseffekts.



Quelle: In Anlehnung an von Nitzsch (1999) bzw. Steul (2003).

Begründet wird dieses Resultat mit einer *konvexen Wertfunktion im Verlust-* und mit einer *konkaven Wertfunktion im Gewinnbereich*: Unternehmer und Manager verhalten sich *risikofreudig*, falls diese ihre Situation als *schlecht* ansehen und *risikoavers*, falls diese ihre Situation *positiv* bewerten.

Andere, insbesondere *experimentelle Studien*<sup>99</sup>, untersuchen ausschließlich das Risikoverhalten *nach vorherigen Gewinn- und Verlusterfahrungen*. Dabei wird die *Wahrscheinlichkeitsgewichtung* entweder *vernachlässigt* oder es wird unterstellt, dass diese *gemäß des Median-Entscheiders* der PT stattfindet. Auch dies führt *im Hinblick auf den Vergleich* mit Experiment 1 und 2 zu *Problemen*, wie exemplarisch am Phänomen des so genannten „*House Money*“-Effekts<sup>100</sup> illustriert werden soll.

In der Studie von Thaler und Johnson (1990) wurde weder die Wert- noch die Gewichtungsfunktion vor einer Gewinnerfahrung bestimmt. Stattdessen, wurde ein konkaver Verlauf der Wertfunktion und eine Gewichtung  $w^+(0.5) =$

<sup>99</sup>Siehe etwa Thaler und Johnson (1990), Weber und Camerer (1998), Zuchel und Weber (2001) und Schade, Steul und Schröder (2002).

<sup>100</sup>Darunter verstehen Thaler und Johnson (1990) die Tatsache, dass Probanden, wenn diese Geld gewonnen haben, dieses als „Spielgeld“ ansehen und risikofreudige Entscheidungen treffen.



$w^-(0.5) \approx 0.5$  angenommen.<sup>101</sup> Dann wurden zwei verschiedene Gruppen von Studenten (diese seien mit  $G_1$  und  $G_2$  bezeichnet) innerhalb eines Zwischen-subjekt-Designs (d. h. Intergruppen-Designs) Entscheidungsprobleme vorgelegt.<sup>102</sup>  $G_1$  machte z. B. zunächst eine Gewinnerfahrung von 15 (Dollar) und sollte anschließend zwischen der sicheren Zahlung von 0 und der Lotterie

$$[4.50, 0.5; -4.50, 0.5]$$

wählen.  $G_2$  machte keine Erfahrung und sollte zwischen der sicheren Zahlung von 15 und der Lotterie

$$[19.50, 0.5; 10.50, 0.5]$$

wählen. Unter der Annahme, dass das Median-Entscheiderverhalten in beiden Gruppen gleich ist, wurde dann aus der Wahl der sicheren bzw. risikanten Alternative auf risikofreudiges Verhalten nach der Gewinnerfahrung geschlussfolgert. In  $G_1$  wählten nämlich 77% die Lotterie und in  $G_2$  lediglich 44%.

In Verbindung mit dem Aggregationsmodell aus Abschnitt 2.2 und den empirischen Resultaten z. B. aus Experiment 1 (Siehe Tabelle 2.3) ist das bei  $G_1$  und  $G_2$  beobachtete Verhalten aber *auch konsistent mit Risikofreude im Gewinn- und Risikoaversion im Verlustbereich sowie Segregation* (d. h. der Gewinn von 15 Dollar wird ignoriert). Sei dazu exemplarisch  $\alpha = \beta = 1.5$ ,  $\lambda = 1$  und gemäß des Medianentscheiders der CPT<sup>103</sup>  $w^+(0.5) > w^-(0.5)$ . Dann folgt für  $G_1$ :

$$V^{CPT}([4.50, 0.5; -4.50, 0.5]) = w^+(0.5) \cdot 4.50^{1.5} - w^-(0.5) \cdot 4.50^{1.5} > 0.$$

Für  $G_2$  folgt aber:

$$V^{CPT}([19.50, 0.5; 10.50, 0.5]) = 10.50^{1.5} + w^+(0.5) \cdot 9^{1.5} < 15^{1.5},$$

d. h. in  $G_1$  sollte der Anteil derjenigen, welche die Lotterie spielen, ebenfalls größer sein als in  $G_2$ . Dieses Beispiel illustriert also, dass ein Vergleich mit einer auf Median-Entscheiderverhalten der PT basierten Studie zum „House

---

<sup>101</sup>Dies stellt allerdings keinen wirklichen (methodischen) Kritikpunkt dar: So dürfte den Autoren im Jahr 1990 die Resultate von Tversky und Kahneman aus dem Jahr 1992, welche verschiedene Gewichtungsfunktionen für den Gewinn- und Verlustbereich nachweisen, (noch) nicht bekannt gewesen sein.

<sup>102</sup>Siehe Tabelle 2.4, S.654, in Thaler und Johnson (1990).

<sup>103</sup>Siehe Tversky und Kahneman (1992).

Money“-Effekt problematisch ist.<sup>104</sup>

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass *Vergleiche* mit bisherigen empirischen Studien nur *sehr schwer möglich* sind. Ursache hierfür ist *erstens*, dass bisher *keine Literatur* zur Verarbeitung *individueller Gewinn- oder Verlusterfahrungen* innerhalb eines Innergruppen-Designs existiert und *zweitens*, dass die in bestehenden Arbeiten auf einer aggregierten Sichtweise beruhenden *Annahme des Median-Entscheiderverhaltens* der PT sowohl in Experiment 1 als auch Experiment 2 *nicht erfüllt* war.

---

<sup>104</sup>Ähnlich könnte man auch für Analysen bezüglich von „Break Even“-Effekten argumentieren. Eine Beschreibung von „Break Even“-Effekten findet man ebenfalls in Thaler und Johnson (1990).

# Kapitel 3

## Gewinn- und Verlusterfahrungen in spezifischen Spielsituationen

Die im vorherigen Kapitel definierten Entscheidungsprobleme („Spiele gegen die Natur“) reflektieren das reale (betriebswirtschaftliche) Leben nur bedingt. Häufig *hängen Auszahlungen* auch *vom Verhalten anderer Akteure* ab, beispielsweise im Unternehmerverhalten von Mitbewerbern, oder allgemeiner: Innerhalb einer Organisation von anderen Institutionen. Deshalb ist dieses Kapitel<sup>1</sup> Entscheidungsproblemen mit vorherigen Gewinn- und Verlusterfahrungen gewidmet, die sich als Koordinationsspiele modellieren lassen.

Analog der Vorgehensweise in Kapitel 2 werden zunächst grundlegende, für diese Arbeit relevante Konzepte der *normativen* (Spiel-) *Theorie* vorgestellt, um anschließend auf das auf Auszahlungstransformationen basierende *Aggregationsmodell* einzugehen.

Da der Fokus dieser Arbeit auf *Spiele mit multiplen Gleichgewichten* liegt, wird die damit verbundene (Gleichgewichts-) *Auswahlproblematik* dann zunächst anhand der einfachen Klasse von  $2 \times 2$ -Spiele<sup>2</sup> illustriert.

---

<sup>1</sup>Kernaspekte der Modellentwicklung, Verhaltensprognosen und der experimentellen Studien entsprechen dabei, bis auf gekennzeichnete Ausnahmen, den Ausführungen in Schade, Schröder und Krause (2005b).

<sup>2</sup>Der Ausdruck  $2 \times 2$  symbolisiert hier, dass dieses Spiel für zwei Spieler mit jeweils zwei Strategien definiert ist.

Grundlage für die *Gleichgewichtsauswahl* in allgemeinen  $n \times m_j$ -Spielen<sup>3</sup> bildet dann die Theorie von Harsanyi und Selten (1988), wobei lediglich auf solche Aspekte näher eingegangen werden wird, die auch für die Prognosen in Studie 4 relevant sein werden.

Mit dem *Verhalten nach Gewinn- und Verlusterfahrungen* in den Spielen „Battle-Of-The-Sexes“ (BOS) und „Market Entry“ (ME) beschäftigen sich die dann folgenden beiden Abschnitte.

Abschließend erfolgt ein *Vergleich* der experimentellen Resultate untereinander und mit anderen empirischen Studien. Weiterhin werden *alternative Erklärungen* für das beobachtete Verhalten diskutiert.

### 3.1 Spiele in Normalform

Analog zu der Vorgehensweise in Kapitel 2 soll in diesem Abschnitt zunächst wieder eine „klassische“, d. h. *normative Betrachtung* der Problematik stattfinden<sup>4</sup>, wobei sich auf *Normalformspiele*<sup>5</sup> beschränkt werden soll. Im anschließenden Abschnitt wird dann ein *Modell* vorgestellt, in dem die *Verarbeitung vorheriger Gewinn- und Verlusterfahrungen* in Form einer *Aggregation mit Auszahlungen* eines Spiels abgebildet ist.

Ein *Spiel in Normalform* für  $n$  Spieler ist definiert<sup>6</sup> durch das Tupel

$$G := (S_1, \dots, S_n; H_1, \dots, H_n; J), \quad (3.1)$$

wobei  $J$  die *Spielerindexmenge* und  $S_j$  die jeweilige *Strategiemenge* von Spieler  $j \in J$  präsentiert. Mit  $S = S_1 \times \dots \times S_n$  sei das kartesische Produkt aus den jeweiligen Strategiemengen bezeichnet. Dann sind die *Auszahlungsfunktionen*  $H_j$  für  $j \in J$  formal definiert als Abbildungen  $H_j : S \rightarrow \mathbb{R}$ .<sup>7</sup>

<sup>3</sup>Der Ausdruck  $n \times m_j$  symbolisiert hier, dass dieses Spiel für  $n$  Spieler mit jeweils  $m_j$  Strategien definiert ist.

<sup>4</sup>Deren Ursprünge im Wesentlichen wieder auf die Arbeiten von von Neumann und Morgenstern (1947) zurückgehen.

<sup>5</sup>„Durch Normalformspiele beschreiben wir Konfliktsituationen mit einem Minimum an formalen Konzepten. Zugfolge, Informationsstand der Spieler über den bisherigen Spielverlauf, Zufallszüge usw. werden nicht explizit behandelt, sondern sie gehen alle ein in das Konzept der Strategie und der Auszahlungsfunktion eines Spielers.“ Berninghaus, Ehrhart und Güth (2002), S. 11.

<sup>6</sup>Die formale Präsentation orientiert sich hier teilweise an die Ausführungen in Berninghaus, Ehrhart und Güth (2002).

<sup>7</sup>Im Allgemeinen kann man die  $H_j$  als (kardinale) Nutzenfunktionen interpretieren, d. h. die  $H_j$  sind NMUF (vgl. Kapitel 2). Diese sind eindeutig bis auf linear positive Transfor-

In Normalformspielen wird unterstellt, dass jeder Spieler  $j$  seine eigene Strategiemenge und Auszahlungsfunktion sowie die *Strategiemengen* und *Auszahlungsfunktionen* aller anderen Spieler *kennt*. Weiterhin wird davon ausgegangen, dass alle Spieler *simultan* ihre Strategie  $s_j \in S_j$  wählen.<sup>8</sup> Elemente  $s_j \in S_j$  werden im Folgenden als *reine Strategien* bezeichnet.

Neben diesen reinen Strategien betrachtet man in der nichtkooperativen Spieltheorie auch so genannte *gemischte Strategien*. Dies sind *Wahrscheinlichkeitsverteilungen* über die reinen Strategien. Besteht die Menge reiner Strategien für einen Spieler  $j$  aus  $m_j$  vielen Elementen, d. h.  $S_j = \{s_1^j, \dots, s_{m_j}^j\}$ , dann lässt sich die *Menge aller gemischter Strategien* für Spieler  $j$  definieren durch

$$Q_j = \{(q_1^j, \dots, q_{m_j}^j) \in \mathbb{R}^{m_j} \mid \sum_{i=1}^{m_j} q_i^j = 1, q_i^j \geq 0, \forall i\}. \quad (3.2)$$

Betrachtet man das kartesische Produkt  $Q = Q_1 \times \dots \times Q_n$ , dann kann man die *erwartete Auszahlung* (den erwarteten *Payoff*)  $V_j : Q \rightarrow \mathbb{R}$  definieren. Dazu denke man sich die Elemente von  $S$  durchnummeriert:  $S = \{s^1, \dots, s^{|S|}\}$ . Für ein gegebenes  $q \in Q$  sei mit  $P^k(q)$  die Wahrscheinlichkeit<sup>9</sup> bezeichnet, dass es zur Strategiekombination  $s^k$  kommt, d. h. also  $P^k(q) = q_k^1 \cdot \dots \cdot q_k^n$ . Dabei bezeichnet  $q_k^j$  die Wahrscheinlichkeit aus  $Q_j$ , die Spieler  $j$  der  $j$ -ten Komponente in  $s^k$  „zugewiesen“ hat. Dann ist die erwartete Auszahlung definiert durch:

$$V_j(q) = \sum_{k=1}^{|S|} P^k(q) \cdot H_j(s^k). \quad (3.3)$$

Das Spielen reiner Strategien ist demnach ein Spezialfall gemischter Strategien: Hier wählen alle Spieler jeweils einen  $m_j$ -dimensionalen Einheitsvektor. In  $S$  ist eine eindeutig bestimmte Strategiekombination  $s^{\bar{k}}$  enthalten, mit welcher ein Vektor  $q^{\bar{k}}$  korrespondiert, für den  $P^{\bar{k}}(q) = 1 \cdot \dots \cdot 1 = 1$  und somit  $V_j(q^{\bar{k}}) = H_j(s^{\bar{k}})$  gilt.

---

mationen. Innerhalb der normativen Spieltheorie nimmt man allerdings für Geldauszahlungen  $m(s)$  für  $s \in S$  häufig an, dass die Geldnutzenfunktion  $H_j(s) = a \cdot m(s) + b$  ( $a > 0$ ) linear in Geld sind und somit wieder als reine Geldauszahlungen via  $\tilde{H}_j = \frac{H_j(s) - b}{a} = m(s)$  interpretiert werden können, siehe auch Berninghaus, Ehrhart und Güth (2002) S. 388.

<sup>8</sup>Hierbei ist nicht von Interesse, ob die Spieler tatsächlich *zeitgleich* ihre Strategie wählen, sondern lediglich, dass diese zum Zeitpunkt ihrer Wahl die Wahl der anderen *nicht kennen*.

<sup>9</sup>Dabei handelt es sich also um ein Produktmaß, bei dem die Spieler die Wahrscheinlichkeiten für die Strategiekombination  $s^k$  unabhängig voneinander wählen.

Als das wichtigste *Lösungskonzept*<sup>10</sup> für nichtkooperative Spiele hat sich (neben *Dominanzkriterien*<sup>11</sup>) das nach John Nash benannte Gleichgewichtskonzept etabliert. Für ein  $q = (q^1, \dots, q^n) \in Q$  soll unter der Strategiekombination  $(r^{-j}, q^j)$  diejenige verstanden werden, bei der die  $j$ -te Verteilung  $q$  durch die Verteilung  $r$  ersetzt wurde:  $(r^{-j}, q^j) = (q^1, \dots, q^{j-1}, r^j, q^{j+1}, \dots, q^n)$ .

**Definition 1** Eine Strategiekombination  $\tilde{q} = (\tilde{q}^1, \dots, \tilde{q}^n) \in Q$  heißt (gemischtes) Nash-Gleichgewicht, wenn für jede gemischte Strategie  $q^j \in Q_j$  eines jeden Spielers  $j \in J$  gilt:

$$V_j(\tilde{q}^{-j}, \tilde{q}^j) \geq V_j(\tilde{q}^{-j}, q^j). \quad (3.4)$$

Die Frage nach der *Existenz* eines Gleichgewichtes<sup>12</sup> kann wie folgt beantwortet werden:

**Theorem 6** Jedes Normalformspiel  $G$  hat (mindestens) ein Nash-Gleichgewicht in gemischten Strategien.

**Beweis.** Siehe S. 39-41 in Berninghaus, Ehrhart und Güth (2002).

Um „Rationalverhalten“ der Spieler sicherzustellen, sollten diese gewissen Verhaltensannahmen genügen. Diese werden innerhalb der normativen Spieltheorie ebenfalls durch *Axiome* formuliert. Diese sind *Optimalität* (OP) und *Rationale Erwartung* (RE).

**Axiom 10 „Optimalität“** (OP). Gegeben seine Erwartung  $\tilde{q}^{-j}$  über das Verhalten seiner Mitspieler soll jeder Spieler  $= 1, \dots, n$  optimal reagieren, d. h. ein  $q^j \in Q_j$  wählen mit

$$H_j(\tilde{q}^{-j}, q^j) \geq H_j(\tilde{q}^{-j}, \tilde{q}^j)$$

für alle  $\tilde{q}^j \in Q_j$ .

**Axiom 11 „Rationale Erwartung“** (RE). Für alle Spieler  $= 1, \dots, n$  seien die Erwartungen rational, d. h. wenn  $q$  gespielt wird, erwartet jeder Spieler  $j$  die Konstellation  $\tilde{q}^{-j} = q^{-j}$ .

Es stellt sich jetzt die Frage, in welchem Zusammenhang die Rationalitätspostulate (OP) und (RE) mit dem Gleichgewichtskonzept stehen. Die Antwort liefert:

<sup>10</sup>Darunter versteht man eine „Anleitung“ wie sich Spieler verhalten, falls diese rational agieren.

<sup>11</sup>Siehe hierzu etwa Berninghaus, Ehrhart und Güth (2002) S. 18-22.

<sup>12</sup>Mit „Gleichgewicht“ sei bis auf definierte Ausnahmen im Folgenden immer das gemischte Nash-Gleichgewicht bezeichnet.

**Theorem 7** *Erfüllen Spieler die Axiome (OP) und (RE), dann sind nur Gleichgewichte Lösungskandidaten eines Spiels  $G$ .*

**Beweis.** Siehe Satz 2.7, S. 51 in Berninghaus, Ehrhart und Güth (2002).

Nur Gleichgewichte können also die Gültigkeit der Bedingungen (OP) und (RE) garantieren. Damit stellt sich die Frage, falls ein Spiel *mehrere Gleichgewichte* besitzt, *welches als* (endgültige) *Lösung* eines solchen Spiels *angesehen* werden soll bzw. welche Verfeinerungen anzuwenden sind, um einen „sinnvollen“ Auswahlprozess zu realisieren.

Spieltheoretiker basieren Auswahlkonzepte bzw. damit verbundene Lösungsfunktionen selbst auf axiomatischen Anforderungen<sup>13</sup>, auf welche in dieser Arbeit allerdings nicht im Detail eingegangen werden wird. Vielmehr soll der Fokus auf den mit relevanten Verfeinerungskonzepten korrespondierenden Verhaltensannahmen liegen.

Im folgenden Abschnitt wird jedoch zunächst der *Aggregationsgedanke auf Normalformspiele übertragen*. Wie beim Modell PTA für Entscheidungssituationen soll dabei davon ausgegangen werden, dass das Verhalten der Spieler durch *referenzpunktabhängige Wertfunktionen* abgebildet werden kann, welche *im Gewinn- und Verlustbereich unterschiedlich* sein können und die *Gewinn- und Verlusterfahrung nicht mit dem Referenzpunkt* (welcher mit dem Ausgangsvermögen identifiziert wird) *konsolidiert* ist, sondern *mit der Auszahlung* in einem Spiel verrechnet, d. h. also *aggregiert wahrgenommen* wird.

## 3.2 Das Aggregationsmodell für Normalformspiele

Im Gegensatz zur normativen Spieltheorie beschäftigt sich die *verhaltenswissenschaftliche Spieltheorie* (*Behavioral Game Theory*) mit der Frage, was Spieler (Individuen) in Situationen mit strategischer Interaktion *wirklich* tun. Studien zu dieser Problematik existieren im Prinzip seit der Entstehung der normativen Ansätze von von Neumann und Morgenstern (1947) und sind mittlerweile so umfangreich, dass eine Systematisierung den Rahmen die-

---

<sup>13</sup>Diese sind *Konsistenz*, *umgekehrte Konsistenz* und *Optimalität* (Güth, 2002) und versuchen, die axiomatisch fundierte so genannte *Nash bargaining solution* (Nash, 1953) auf allgemeine Spielklassen zu übertragen.

ser Arbeit sprengen würde.<sup>14</sup> Maßgeblich für die folgende Vorgehensweise sind lediglich *zwei Fakten*: Erstens, die Frage *wie begrenzte Rationalität* in Normalformspielen *abgebildet* werden kann. Zweitens, *dass es* innerhalb der verhaltenswissenschaftlichen Spieltheorie *üblich ist*, etablierte *Konzepte der Verhaltenspsychologie* zu berücksichtigen.

Eine Möglichkeit, Frage 1 zu beantworten, besteht in einer Modellierung, die an der Verarbeitung der Wahrscheinlichkeiten für das Zustandekommen bestimmter Strategiekombinationen ansetzt bzw. daran, was für *Erwartungen* (*Beliefs*) ein Spieler *über die Strategiewahl* seines Gegenspielers hat. Exemplarisch sei hierfür die Arbeit von Rabin (1993) genannt.

Eine weitere, und für dieses Aggregationsmodell interessantere Möglichkeit ist, die *begrenzte Rationalität* durch *Payoff-Transformationen* abzubilden. So postulieren Fehr und Schmidt (1999) in ihrer „Theory of Fairness, Competition, and Cooperation“ eine Payoff-Transformation der folgenden Art<sup>15</sup>: Angenommen, in einem Zwei-Personen-Spiel erhält für eine bestimmte Strategiekombination Spieler  $i$  die Auszahlung  $x_i$  und Spieler  $j$  die Auszahlung  $x_j$ , dann unterstellen die Autoren eine (subjektive) Wahrnehmung dieses Payoffs für Spieler  $i$  gemäß:

$$u_i(x_i, x_j) = x_i - \alpha_i \cdot \max\{x_j - x_i, 0\} - \beta_i \cdot \max\{x_i - x_j, 0\}, \quad (3.5)$$

für  $i \neq j$ . Dabei ist  $\alpha_i$  ein *Ungleichheitsavversionsparameter*, der die empfundene Ungerechtigkeit von Spieler  $i$  beschreibt, falls dieser *weniger* bekommt als Spieler  $j$  und  $\beta_i$  ein *Ungleichheitsavversionsparameter*, der die empfundene Ungerechtigkeit von Spieler  $i$  beschreibt, falls dieser *mehr* bekommt als Spieler  $j$ .

Ein anderes Beispiel liefert die Arbeit von Shalev (2000). Dort hängt der wahrgenommene Payoff von Spieler  $i$  zusätzlich von einem individuellen Referenzpunkt  $r_i$  und dem Verlustavversionsparameter  $\lambda_i$  ab. Eine gegebene Auszahlung  $x_i$  wird wahrgenommen durch:

$$v_i(x_i, r_i) = \begin{cases} x_i & \text{für } x_i \geq r_i \\ x_i - \lambda_i \cdot (r_i - x_i) & \text{für } x_i < r_i. \end{cases} \quad (3.6)$$

---

<sup>14</sup>Einen umfassenden Überblick findet man etwa in Kagel und Roth (1995) und Camerer (2003).

<sup>15</sup>Siehe z. B. auch Fehr und Schmidt (2000).



Beide Beispiele<sup>16</sup> illustrieren, dass es in der Literatur üblich ist, begrenzte Rationalität durch Auszahlungstransformationen abzubilden. Daher soll in dem später dargestellten *Aggregationsmodell* ebenfalls dieser Ansatz gewählt werden.<sup>17</sup>

Wenn man *individuelle Transformationen von Auszahlungen* etwa gemäß 3.5 und 3.6 zulässt, dann stellt sich die Frage, wie man die *Vorstellung etwa von Spieler  $i$  über die Transformation von Spieler  $j$*  motivieren kann. Insbesondere, wenn *individuenspezifische Parameter* (wie  $\alpha_j$ ,  $\beta_j$ ,  $r_j$  oder  $\lambda_j$ ) dem Spieler  $i$  *unbekannt* sind, bzw. wenn in einem Spiel die Beteiligten völlig *anonym* gegen einander spielen.

Die Antwort kann das aus der Sozialpsychologie stammende und dort als etabliert angesehene Konzept der *Sozialen Projektion* liefern.<sup>18</sup> Für Personen, welche aus derselben sozialen Gruppe stammen, postuliert dieses Konzept folgendes Verhalten: „When a person reacts to (forms an opinion about) an opinion object, he or she has the tendency to project or attribute that response to others who may or may not be present.“ Orive (1988, S. 953-954).

Im Kontext eines Spiels, in welchen sich anonyme Gegenspieler eine Meinung über das gesamte Spiel bilden, kann man also davon ausgehen, dass *jeder Spieler erwartet*, dass seine *Gegenspieler sich dieselbe Meinung* über das Spiel bilden, wie er selbst. Sind dabei die vorherigen *Gewinn- und Verlusterfahrungen* aller Spieler allen Spielern *bekannt*, dann sollte *jeder Spieler* von seinen Gegenspielern *erwarten*, dass diese genau *dieselben Verhaltensmuster zeigen, wie er selbst* in der jeweiligen Erfahrungssituation haben würde. Trifft in einem Zwei-Personen-Spiel etwa ein Gewinner auf einen Verlierer, dann erwartet der Gewinner vom Verlierer, dass sich dieser so verhält, wie sich der Gewinner verhalten würde, wenn dieser anstelle der Gewinn- eine Verlusterfahrung gemacht hätte. Umgekehrt erwartet der Verlierer vom Gewinner, dass dieser sich wie er selbst verhalten würde, nur mit einer Gewinn- anstelle der Verlusterfahrung.

Empirisch gibt es im Zusammenhang mit sozialer Projektion und dem *Koordinationsverhalten* in Spielsituationen auch entsprechende Evidenz: So kön-

---

<sup>16</sup>Für weitere Beispiele siehe etwa Bolton (1991), Bolton und Ockenfels (2000) und Shalev (2002).

<sup>17</sup>Natürlich postuliert die CPT (siehe Kapitel 2) insbesondere auch eine verzerrte Risikowahrnehmung.

<sup>18</sup>Dieses Konzept wurde und wird empirisch immer wieder bestätigt, siehe hierzu insbesondere Allport (1924), Festinger (1954) und Krüger (2000).

nen *Koordinationserfolge*<sup>19</sup> in so genannten *Matching Games* im Rahmen einer *Fokuspunkttheorie*<sup>20</sup> nur dadurch erklärt werden, dass die für die Spieler *prominenten* Strategien auch für (anonyme) Gegenspieler als prominent angesehen werden und dieser Fakt von Spielern und Gegenspielern *antizipiert* wird, da es ansonsten kaum zu einer überzufälligen Koordinationsrate käme.

Für das in 3.1 definierte Normalformspiel impliziert die *individuelle Aggregation* (bekannter) vorheriger Gewinn- und Verlusterfahrungen  $e_j \in \mathbb{R}$  ( $j = 1, \dots, n$ ) und die *Transformation* mittels einer Wertfunktion<sup>21</sup> zunächst eine Darstellung aus der Sicht von Spieler  $i$  gemäß<sup>22</sup>

$$G_i^{PTA} := (S_1, \dots, S_n; v_i(H_1 + e_1), \dots, v_i(H_n + e_n); J), \quad (3.7)$$

Dabei seien annahmegemäß die  $H_j$  ( $j = 1, \dots, n$ ) *reale Auszahlungsfunktionen*, die direkt aus den Spielregeln (bzw. Strategiekombinationen) resultieren.<sup>23</sup> Die  $v_i$  seien dabei *individuelle Wertfunktionen*, d. h.  $v_i \equiv v_i^+$ , falls  $H_j + e_j \geq 0$  ist, bzw.  $v_i \equiv v_i^-$ , falls  $H_j + e_j < 0$  gilt.

Aufgrund eigener empirischer Erfahrungen<sup>24</sup>, als auch den Ergebnissen in Abdellaoui (2000) und Wakker (1994) sollen die Annahmen über die Verläufe von  $v_j \in \{v_j^-, v_j^+\}$  in diesem Abschnitt allerdings in folgender Form verallgemeinert werden:<sup>25</sup> Um den *Referenzpunktaspekt* zu berücksichtigen soll stets gelten  $v_i(0) = 0$ . Außerdem sei  $y_j = H_j(s) + e_j$  für  $i, j \in \{1, \dots, n\}$ , was bedeutet, dass das *Aggregationsaxiom* (A) aus Abschnitt 2.2 *zugrunde gelegt* wird.

1. Fall: Die Wertfunktion ist im Verlustbereich streng konvex und im Gewinnbereich streng konkav:

$$v_i(y_j) = \begin{cases} v_i^{konkav}(y_j) & \text{für } y_j \geq 0 \\ v_i^{konvex}(y_j) = -\lambda_i \cdot v_i^{konkav}(-y_j) & \text{für } y_j < 0. \end{cases} \quad (3.8)$$

<sup>19</sup>Siehe hierzu etwa Mehta, Starmer und Sugden (1994).

<sup>20</sup>Siehe hierzu insbesondere Abschnitt 3.8.2.

<sup>21</sup>Siehe Kapitel 2.

<sup>22</sup>Die hochgestellte Bezeichnung „PTA“ bei der Namensgebung von  $G$  soll auf die „Nähe“ des in Kapitel 2 dargestellten Wahrnehmungsmodells PTA hinweisen.

<sup>23</sup>Diese Annahme ist trivial: Würde man hier bereits NMUF's zulassen, fände eine „verkettete Transformation“ statt.

<sup>24</sup>Siehe Kapitel 2: Dort konnte das Median-Entscheiderverhalten der CPT nicht validiert werden.

<sup>25</sup>Die in den folgenden Fällen implizierte Symmetrie bzw. Identität der Wertfunktionen im Gewinn- und Verlustbereich stellt in diesem Kapitel keine Einschränkung dar, da man in den weiteren Analysen und Prognosen mit einer allgemeinen Annahme über „Risikofreude“ bzw. „Risikoaversion“ im Gewinn- und Verlustbereich auskommen will. Diesen allgemeinen Anspruch postulieren etwa auch Wakker (1994) und Abdellaoui (2000).

2. Fall: Die Wertfunktion ist sowohl im Verlustbereich als auch Gewinnbereich streng konvex:

$$v_i(y_j) = \begin{cases} v_i^{konvex}(y_j) & \text{für } y_j \geq 0 \\ \lambda_i \cdot v_i^{konvex}(y_j) & \text{für } y_j < 0. \end{cases} \quad (3.9)$$

3. Fall: Die Wertfunktion ist sowohl im Verlustbereich als auch Gewinnbereich streng konkav:

$$v_i(y_j) = \begin{cases} v_i^{konkav}(y_j) & \text{für } y_j \geq 0 \\ \lambda_i \cdot v_i^{konkav}(y_j) & \text{für } y_j < 0. \end{cases} \quad (3.10)$$

4. Fall: Die Wertfunktion ist im Verlustbereich streng konkav und im Gewinnbereich streng konvex:

$$v_i(y_j) = \begin{cases} v_i^{konvex}(y_j) & \text{für } y_j \geq 0 \\ v_i^{konkav}(y_j) = -\lambda_i \cdot v_i^{konvex}(-y_j) & \text{für } y_j < 0. \end{cases} \quad (3.11)$$

Mit diesen Konventionen kann man für die in 3.7 definierten Spiele wieder den *erwarteten Payoff* von Spieler  $j$  betrachten (vgl. Abschnitt 3.1). Dieser ist jetzt gegeben durch:

$$V_j^{PTA}(q) = \sum_{k=1}^{|S|} P^k(q) \cdot v_j(H_j(s^k) + e_j), \text{ mit } j \in \{1, \dots, n\}. \quad (3.12)$$

Damit kann man zunächst ein Gleichgewicht definieren:

**Definition 2** Eine Strategiekombination  $\tilde{q} = (\tilde{q}^1, \dots, \tilde{q}^n) \in Q$  heißt Gleichgewicht, wenn für jede gemischte Strategie  $q^j \in Q_j$  eines jeden Spielers  $j \in J$  gilt:

$$V_j^{PTA}(\tilde{q}^{-j}, \tilde{q}^j) \geq V_j^{PTA}(\tilde{q}^{-j}, q^j). \quad (3.13)$$

Bezeichnet man die in 3.7 definierten Spiele einfach mit „transformiertes Normalformspiel“, dann kann die Frage nach der *Existenz* eines Gleichgewichtes beantwortet werden durch:

**Theorem 8** Jedes transformierte Normalformspiel  $G_i^{PTA}$  hat (mindestens) ein Gleichgewicht in gemischten Strategien.

**Beweis.** Siehe C.1 im Anhang.

Auch in diesem *Aggregationsmodell* werden wieder die Axiome (OP) und (RE) gefordert<sup>26</sup>, denn dann gilt folgende Aussage:

---

<sup>26</sup>Hier mit  $V_j^{PTA}$  anstelle von  $V_j$ .

**Theorem 9** *Erfüllen Spieler die Axiome (OP) und (RE), dann sind nur Gleichgewichte Lösungskandidaten eines Spiels  $G_i^{PTA}$ .*

**Beweis.** Siehe C.2 im Anhang.

Zusammenfassend kann also für das hier vorgestellte Aggregationsmodell festgestellt werden:

- In Analogie zur Betrachtung von Entscheidungssituationen kann die Aggregation vorheriger Gewinn- und Verlusterfahrungen durch die Addition von Auszahlungen und den jeweiligen Erfahrungen sowie der Transformation dieser Summen gemäß des Modells PTA erfolgen (d. h. hier also gemäß der Fälle 1-4).
- Unter der zusätzlichen Annahme sozialer Projektion existieren für die so transformierten Normalformspiele (gemischte) Gleichgewichte.
- Unter den Annahmen (OP) und (RE) sind Gleichgewichte die einzigen Lösungskandidaten.

Als nächstes soll der Zusammenhang zwischen Gleichgewichten in Normalformspielen  $G$  mit Gleichgewichten in transformierten Normalformspielen  $G_i^{PTA}$  untersucht werden:

**Theorem 10** *Der Vektor  $\tilde{s}$  reiner Strategien ist ein Gleichgewicht in  $G$ , genau dann, wenn er auch ein Gleichgewicht in  $G_i^{PTA}$  ist.*

**Beweis.** Siehe C.3 im Anhang.

Diese elementare Aussage ist bedeutend für die in den Experimenten zugrunde gelegten Spiele: Diese haben immer *multiple Gleichgewichte* in reinen Strategien und es müssen dort spezifische *Auswahlkonzepte* zur Anwendung kommen. Für (echt) *gemischte Gleichgewichte* wird man eine äquivalente Aussage (außer im Falle linearer Transformationen) nicht machen können. Dies belegen insbesondere die Analysen in Abschnitt 3.3 und 3.4.

Aus dem Beweis von Theorem 10 ergibt sich ein weiterer wichtiger Zusammenhang zwischen Spielen  $G$  und  $G_i^{PTA}$  bezüglich der so genannten *Payoff-Dominanz*: Das Gleichgewicht  $\tilde{s}^i$  *auszahlungsdominiert* das Gleichgewicht  $\tilde{s}^j$  in einem allgemeinen Spiel  $G$  oder  $G_i^{PTA}$ , genau dann, wenn für alle Spieler  $j$  gilt:  $H_j(\tilde{s}^i) > H_j(\tilde{s}^j)$  bzw.  $H_j^i(\tilde{s}^i) > H_j^i(\tilde{s}^j)$ .

**Korollar 3** *Das Gleichgewicht  $\tilde{s}^i$  auszahlungsdominiert das Gleichgewicht  $\tilde{s}^j$  in  $G$  dann und nur dann, wenn das Gleichgewicht  $\tilde{s}^i$  das Gleichgewicht  $\tilde{s}^j$  in  $G_i^{PTA}$  auszahlungsdominiert.*

Im *Zusammenhang mit gemischten Gleichgewichten* soll abschließend noch eine *Bemerkung* gemacht werden. In der Literatur wird zwischen *impliziter* und *expliziter Randomisierung* unterschieden.<sup>27</sup> Dabei bedeutet ersteres, das Probanden *nur reine Strategien* spielen dürfen. Das *gemischte Gleichgewicht* wird dann *mit den relativen Häufigkeiten der Strategiewahlen* in einer Folge von Spielen in Beziehung gesetzt.

Explizite Randomisierung bedeutet, dass die Spieler *Wahrscheinlichkeitsverteilungen* über ihre reinen Strategien *angeben* dürfen, auf deren Grundlage dann z. B. mit Hilfe eines Computers reine Strategien „ausgespielt“ werden. Bei den in diesem Kapitel dargestellten experimentellen Studien wird die letztere Vorgehensweise angewandt. Dies gestattet es, auch bei wenigen Runden (bzw. schon bei einem einzigen „One-Shot-Game“) die Entscheidungen der Probanden direkt mit einem gemischten Gleichgewicht zu vergleichen.<sup>28</sup>

### 3.3 Gleichgewichtsauswahl in 2 x 2-Spielen

In den vorangegangenen beiden Abschnitten wurde dargestellt, dass *nur Gleichgewichte* sowohl für Spiele  $G$  als auch  $G_i^{PTA}$  *Lösungskandidaten* sind. Es stellt sich die Frage, wie man (in den später dargestellten Studien) verfahren soll, wenn es in einem Spiel *mehrere* (reine) *Gleichgewichte* gibt.

In der Literatur findet man dazu eine Reihe so genannter *Gleichgewichtsauswahltheorien* bzw. *Auswahlkonzepte*.<sup>29</sup> Diese basieren dabei auf den für diese Arbeit relevanten Verfeinerungskonzepten der *Perfektheit* und *Risikodominanz*, deren Grundidee für die einfache Klasse von  $2 \times 2$ -Spiele kurz dargelegt werden soll.

Da die Auszahlungen sowohl in Spielen der Klasse  $G$  als auch  $G_i^{PTA}$  *reelle Zahlen* sind, genügt es zur Vereinfachung „allgemeine“ Auszahlungen in Form von Zahlen bzw. durch Symbole  $\alpha, \beta, \gamma, \delta \in \mathbb{R}$  und  $a, b, c, d \in \mathbb{R}$  zu betrachten. Außerdem seien *Auszahlungsfunktionen* kurz mit  $H$  bezeichnet.

---

<sup>27</sup>Siehe hierzu insbesondere Kapitel 3 in Camerer (2003).

<sup>28</sup>Unterscheidet sich das gemischte Gleichgewicht in  $G$  von dem in  $G_i^{PTA}$  etwa nur in wenigen Dezimalstellen, dann wäre bei einem Experiment mit einer kleinen Rundenzahl eine eindeutige Zuordnung bei impliziter Randomisierung unter Umständen schwierig.

<sup>29</sup>Siehe etwa Harsanyi und Selten (1988), Güth und Kalkofen (1989), Selten (1995), Harsanyi (1995a) und Güth (2002).

### 3.3.1 Perfektheit

Hier betrachtet man ein spezielles Kriterium, dass man im Allgemeinen voraussetzt, bevor weitere „Auswahlüberlegungen“ angestellt werden, falls ein *Spiel mehrere Gleichgewichte* besitzt. Das Konzept der *Perfektheit* oder *Trembling Hand Perfectness* geht im Wesentlichen auf die (Nobelpreis honorierte) Arbeit von Reinhardt Selten (1965 und 1975) zurück. Die Entwicklung dieses Konzeptes hat ihren Ursprung in der Tatsache, dass in einem (Normalform-) Spiel mit mehreren reinen Gleichgewichten *nicht alle Gleichgewichte gleichermaßen plausibel* für mögliche Lösungskandidaten sind. Dies sei zunächst anhand eines Beispiels<sup>30</sup> illustriert:

**Beispiel 1:** Ein  $2 \times 2$ -Spiel mit einem perfekten Gleichgewicht.

Man betrachte hierzu die folgende *Auszahlungsmatrix*<sup>31</sup> in Abbildung 3.1. Wie man einfach überprüfen kann, gibt es in diesem Spiel die beiden Gleich-

		Spieler $j$	
		$s_j^i$	$s_j^j$
Spieler $i$	$s_i^i$	(0,100)	(0,100)
	$s_i^j$	(-10,-10)	(40,40)

Abbildung 3.1: Auszahlungsmatrix 1.

gewichte  $\tilde{s}^i = (s_i^i, s_j^i)$  und  $\tilde{s}^j = (s_i^j, s_j^j)$ . Eine weitergehende Überlegung zeigt, dass diese Gleichgewichte unterschiedlich plausibel sind. Die Grundidee dieser Plausibilitätsprüfung besteht darin zu postulieren, dass auch rationale Spieler annehmen müssen, dass ihre Gegenspieler mit einer zwar geringen, aber positiven Wahrscheinlichkeit von einer angestrebten Strategiewahl abweichen.

Betrachtet man beispielsweise das Gleichgewicht  $\tilde{s}^i$  und versetzt sich in Spieler  $j$ , dann muss dieser annehmen, dass Spieler  $i$  mit einer kleinen Wahrscheinlichkeit  $\varepsilon$  von der Strategie  $s_i^i$  abweicht. Mit anderen Worten, er sieht sich nicht mit der reinen Strategie  $s_i^i$  sondern mit der gemischten Strategie  $q_1 = (1 - \varepsilon, \varepsilon)$  konfrontiert. Ein Vergleich der erwarteten Auszahlungen der

<sup>30</sup>Entnommen aus Berninghaus, Ehrhart und Güth (2002).

<sup>31</sup>Der erste Eintrag im Auszahlungsvektor (0,100) gibt dabei den Payoff für Spieler  $i$ , der zweite den Payoff für Spieler  $j$  an.

beiden reinen Strategien von Spieler  $j$  ergibt:

$$\begin{aligned} H_j(q_1, s_j^i) &= (1 - \varepsilon) \cdot 100 - 10 \cdot \varepsilon &= 100 - 110 \cdot \varepsilon \\ &< & \\ H_j(q_1, s_j^j) &= (1 - \varepsilon) \cdot 100 + 40 \cdot \varepsilon &= 100 - 60 \cdot \varepsilon. \end{aligned} \quad (3.14)$$

Unter der Hypothese, dass Spieler  $i$  mit einer sehr kleinen Wahrscheinlichkeit  $s_i^j$  wählt, ist es für Spieler  $j$  nicht sinnvoll, das Gleichgewicht  $\tilde{s}^i$  anzustreben, da bei einer kleinen Abweichung des  $i$  von  $s_i^i$  die erwartete Auszahlung bei  $s_j^j$  größer ist als bei  $s_j^i$ .

Betrachtet man im Gegensatz dazu das Gleichgewicht  $\tilde{s}^j = (s_i^j, s_j^j)$ , dann kann man zeigen, dass dieses Gleichgewicht gegenüber kleinen irrationalen Abweichungen robust ist. Spieler  $i$  sieht sich hier mit der gemischten Strategie  $q_2 = (\varepsilon, 1 - \varepsilon)$  konfrontiert. Ein Vergleich seiner erwarteten Auszahlungen ergibt:

$$H_i(s_i^i, q_2) = 40 - 50 \cdot \varepsilon > H_i(s_i^j, q_2) = 0, \quad (3.15)$$

für hinreichend kleines  $\varepsilon$ .

Spieler  $j$  sieht sich diesmal mit der gemischten Strategie  $q_1 = (\varepsilon, 1 - \varepsilon)$  konfrontiert. Ein Vergleich seiner erwarteten Auszahlungen ergibt hier:

$$H_j(q_1, s_j^i) = 40 + 60 \cdot \varepsilon > H_j(q_1, s_j^j) = -10 + 110 \cdot \varepsilon, \quad (3.16)$$

für hinreichend kleines  $\varepsilon$ .

Man sieht, dass die beiden Strategiekombinationen  $\tilde{s}^i = (s_i^i, s_j^i)$  und  $\tilde{s}^j = (s_i^j, s_j^j)$  zwar beides Gleichgewichte sind, allerdings genügt nur  $\tilde{s}^j$  dem Anspruch „robust“ gegenüber kleinen Abweichungen von einer *sicheren* Strategiewahl im Gleichgewicht zu sein, was die intuitive Vorstellung von Perfektheit präsentiert.

Insbesondere für die im nächsten Abschnitt präsentierte Spielklasse ist ein weiterer Fall interessant. Daher soll ein weiteres Beispiel das Konzept der Perfektheit darlegen.

**Beispiel 2:** Ein  $2 \times 2$ -Spiel mit zwei perfekten Gleichgewichten.

Man betrachte hierzu die folgende Auszahlungsmatrix in Abbildung 3.2. Dabei seien annahmegemäß:  $a_i, a_j > b_i, b_j > 0$ . Wieder gibt es die beiden

		Spieler $j$	
		$s_j^i$	$s_j^j$
Spieler $i$	$s_i^i$	$(a_i, b_j)$	$(0, 0)$
	$s_i^j$	$(0, 0)$	$(b_i, a_j)$

Abbildung 3.2: Auszahlungsmatrix 2.

Gleichgewichte  $\tilde{s}^i = (s_i^i, s_j^i)$  und  $\tilde{s}^j = (s_i^j, s_j^j)$ , allerdings sind diese *beide perfekt*, wie folgende Überlegungen zeigen: Man betrachte das Gleichgewicht  $\tilde{s}^i$ . Erwartet Spieler  $i$  ein Abweichen des Spielers  $j$  mit einer kleinen Wahrscheinlichkeit  $\varepsilon > 0$ , dann ergibt ein Vergleich seiner erwarteten Auszahlungen für  $q_2 = (1 - \varepsilon, \varepsilon)$ :

$$H_i(s_i^i, q_2) = (1 - \varepsilon) \cdot a_i + \varepsilon \cdot 0 > H_i(s_i^j, q_2) = (1 - \varepsilon) \cdot 0 + \varepsilon \cdot b_i, \quad (3.17)$$

für hinreichend kleines  $\varepsilon$ .

Erwartet Spieler  $j$  ein Abweichen des Spielers  $i$  mit einer kleinen Wahrscheinlichkeit  $\varepsilon > 0$ , dann ergibt ein Vergleich seiner erwarteten Auszahlungen für  $q_1 = (1 - \varepsilon, \varepsilon)$ :

$$H_j(q_1, s_j^i) = (1 - \varepsilon) \cdot b_j + \varepsilon \cdot 0 > H_j(q_1, s_j^j) = (1 - \varepsilon) \cdot 0 + \varepsilon \cdot a_j, \quad (3.18)$$

für hinreichend kleines  $\varepsilon$ . Damit ist  $\tilde{s}^i$  perfekt.

Die Argumentation für die Perfektheit von  $\tilde{s}^j$  erfolgt jetzt analog. Spieler  $i$  ist hier mit der gemischten Strategie  $q_2 = (\varepsilon, 1 - \varepsilon)$  konfrontiert, was einen Vergleich

$$H_i(s_i^j, q_2) = \varepsilon \cdot 0 + (1 - \varepsilon) \cdot b_i > H_i(s_i^i, q_2) = \varepsilon \cdot a_i + (1 - \varepsilon) \cdot 0, \quad (3.19)$$

für hinreichend kleines  $\varepsilon$  zur Folge hat.

Entsprechend gilt für Spieler  $j$ :

$$H_j(q_1, s_j^j) = \varepsilon \cdot 0 + (1 - \varepsilon) \cdot a_j > H_j(q_1, s_j^i) = \varepsilon \cdot b_j + (1 - \varepsilon) \cdot 0, \quad (3.20)$$

für hinreichend kleines  $\varepsilon$ . Damit ist auch  $\tilde{s}^j$  perfekt.

### 3.3.2 Risikodominanz

Man betrachte noch einmal die Auszahlungsmatrix des zweiten Beispiels mit  $a_i = a - c$ ,  $a_j = \delta - \beta$ ,  $b_i = d - b$  und  $b_j = \alpha - \gamma$ , d. h. also mit Auszahlungen gemäß Abbildung 3.3.<sup>32</sup> Angenommen, die Auszahlungen  $a, \dots, \delta$  sind

<sup>32</sup>Teilweise entnommen aus Harsanyi und Selten (1988).



		Spieler 2	
		$s_j^i$	$s_j^j$
Spieler 1	$s_i^i$	$(a - c, \alpha - \gamma)$	$(0, 0)$
	$s_i^j$	$(0, 0)$	$(d - b, \delta - \beta)$

Abbildung 3.3: Auszahlungsmatrix 3.

zunächst so beschaffen, dass in diesem Spiel konkretisierte Auszahlungen gemäß Abbildung 3.4 stattfinden.

		Spieler 2	
		$s_j^i$	$s_j^j$
Spieler 1	$s_i^i$	$(99, 49)$	$(0, 0)$
	$s_i^j$	$(0, 0)$	$(1, 51)$

Abbildung 3.4: Auszahlungsmatrix 4.

Hier bekommt Spieler 1 eine höhere Auszahlung in  $\tilde{s}^i$  und Spieler 2 bekommt eine höhere Auszahlung in  $\tilde{s}^j$ . Geht man davon aus, dass beide Spieler wissen, dass entweder  $\tilde{s}^i$  oder  $\tilde{s}^j$  Lösung des Spieles ist, dann stehen diese vor dem Problem für welche Strategie sie sich entscheiden sollen. Wenn Spieler 1 erwartet, dass Spieler 2 die Strategie  $s_j^i$  mit einer Wahrscheinlichkeit von mehr als 0.01 wählt, dann ist es besser für ihn  $s_i^i$  zu spielen. Nur wenn Spieler 1 erwartet, dass Spieler 2 die Strategie  $s_j^j$  mit einer Wahrscheinlichkeit von mindestens 0.99 wählt, ist  $s_i^j$  die bessere Strategie. In diesem Sinne ist  $s_i^i$  weniger riskant als  $s_i^j$ .

Aus Sicht von Spieler 2 ist  $s_j^j$  die bessere Strategie, wenn dieser erwartet, dass Spieler 1 die Strategie  $s_i^j$  mit einer Wahrscheinlichkeit von mehr als 0.49 spielt. Umgekehrt ist die Strategie  $s_j^i$  die bessere, falls Spieler 1 die Strategie  $s_i^i$  mit einer Wahrscheinlichkeit größer als 0.51 spielt.

Hier offenbart sich, dass der Anreiz für Spieler 1 die Strategie  $s_i^i$  der Strategie  $s_i^j$  vorzuziehen größer ist, als der Anreiz für Spieler 2 die Strategie  $s_j^j$  anstelle von  $s_j^i$  zu wählen. Wenn sich die Spieler Vorstellungen über die Wahrscheinlichkeiten machen, mit welcher der jeweils andere eine Strategie wählt, muss dieser Umstand berücksichtigt werden. Wenn Spieler 1 die Strategie  $s_i^i$  mit großer Wahrscheinlichkeit wählt und Spieler 2 dieses weiß, dann ist es besser für ihn,  $s_j^i$  zu spielen. Am Ende werden beide Spieler zu dem Schluss kommen, dass beide das Gleichgewicht  $\tilde{s}^i$  spielen.

Mit derselben Begründung kann man jetzt weniger extreme Situationen betrachten, in denen  $a - c > d - b$  und  $\delta - \beta > \alpha - \gamma$  gilt: Das Risiko von Spieler 1 ist hier mit dem Verhältnis  $\frac{a-c}{d-b}$  und das Risiko für Spieler 2 mit dem Verhältnis  $\frac{\delta-\beta}{\alpha-\gamma}$  verbunden. Spieler 1 hat einen größeren Anreiz an  $\tilde{s}^i$  festhalten als Spieler 2 an  $\tilde{s}^j$ , genau dann, wenn  $\frac{a-c}{d-b}$  größer ist als  $\frac{\delta-\beta}{\alpha-\gamma}$ . Dies ist genau dann der Fall, wenn  $(a - c)(\alpha - \beta) > (d - b)(\delta - \gamma)$  gilt.

### 3.3.3 Bemerkungen

In diesem Unterabschnitt sollen die bezüglich Perfektheit und Risikodominanz gemachten Ausführungen im Hinblick auf die später stattfindenden Analysen noch um einige abschließende Anmerkungen ergänzt werden:

- Ist in Abbildung 3.3 zusätzlich  $a_i, a_j > b_i, b_j > 0$ , dann sind sowohl  $\tilde{s}^i$  als auch  $\tilde{s}^j$  perfekt, d. h. wenn eine Auswahltheorie neben der Perfektheit das Kriterium der Risikodominanz in der Lösungsfunktion  $\varphi$  für ein Spiel  $G$  oder  $G_i^{PTA}$  berücksichtigt, dann sollte folgende Auswahl gemäß einer Lösungsfunktion<sup>33</sup>  $\varphi$  stattfinden:

$$\varphi(G_i^{PTA}) = \begin{cases} \tilde{s}^i & \text{für } (a - c)(\alpha - \beta) > (d - b)(\delta - \gamma) \\ \tilde{s}^j & \text{für } (a - c)(\alpha - \beta) < (d - b)(\delta - \gamma) \\ \tilde{q} & \text{für } (a - c)(\alpha - \beta) = (d - b)(\delta - \gamma). \end{cases} \quad (3.21)$$

- Wenn man die Lösungsfunktion  $\varphi$  axiomatisch durch die Forderungen „Beste Antwort“, „Isomorphie-Invarianz“ und „Monotonie“ charakterisiert, dann kann man zeigen<sup>34</sup>, dass bei Gültigkeit dieser Axiome exakt die Auswahlkriterien gemäß 3.21 zur Anwendung kommen.
- Erfüllt  $\varphi$  das Axiom „Beste Antwort“, so wählt  $\varphi$  unter Umständen ein auszahlungsdominiertes striktes Gleichgewicht als Lösung eines Spiels aus.<sup>35</sup> (Das Gleichgewicht  $\tilde{s}^i$  *auszahlungsdominiert* das Gleichgewicht  $\tilde{s}^j$  in einem allgemeinen Spiel  $G$  oder  $G_i^{PTA}$ , genau dann, wenn für alle Spieler  $j$  gilt:  $H_j^i(\tilde{s}^i) > H_j^i(\tilde{s}^j)$ .) Dieser Fall ist aber für keine der beiden später betrachteten Spielklassen relevant und soll daher nicht weiter vertieft werden.

<sup>33</sup>Unter einer Lösungsfunktion versteht man im Allgemeinen eine mathematische Abbildung, die einem gegebenen Spiel eine eindeutige Lösung in Form eines ausgewählten Gleichgewichts zuordnet.

<sup>34</sup>Für die Definition dieser Axiome und den Beweis siehe z. B. Berninghaus, Ehrhart und Güth (2002) oder Harsanyi und Selten (1988).

<sup>35</sup>Siehe S. 78 in Berninghaus, Ehrhart und Güth (2002).

### 3.4 Gleichgewichtsauswahl in $n \times m$ -Spielen

Das *Problem der Gleichgewichtsauswahl* beschäftigt Spieltheoretiker im Prinzip seit Entstehung der modernen Spieltheorie und in diesem Zusammenhang seien an dieser Stelle einführend einige Ansätze<sup>36</sup> genannt.

Bedeutende Arbeiten sind dabei die von John Nash (1950, 1953) in denen erstmalig eine *axiomatisch fundierte Auswahltheorie* für *Einstimmigkeitsspiele*<sup>37</sup> (die so genannte *Nash-Bargaining Solution*) vorgeschlagen wurde.

Ausgehend von einem solchen *prozeduralen* Ansatz und unter Berücksichtigung weiterer Verfeinerungskonzepte (insbesondere *Trembling Hand Perfection*) publizierten John C. Harsanyi und Reinhardt Selten im Jahre 1988 ihre „General Theory of Equilibrium Selection in Games“, die erste „allgemeine“ Gleichgewichtsauswahltheorie. In diesem Ansatz bildet ein Schwerpunkt, dass bei der Diskreminierung zwischen Kandidaten ein Stabilitätsindex verwendet wird, welcher insbesondere von Dominanzbeziehungen abhängig ist, dabei aber der *Payoffdominanz* gegenüber der *Risikodominanz* Priorität eingeräumt wird. Obwohl die Arbeit von Harsanyi und Selten (1988) als Fundament modernerer Ansätze angesehen werden kann, war dieser Umstand (unter anderen) ein Kritikpunkt, der die Entwicklung weiterer Auswahltheorien und -Konzepte beeinflusste.<sup>38</sup>

---

<sup>36</sup>Im Rahmen dieser Arbeit soll auf einen vollständigen historischen Abriss verzichtet werden.

<sup>37</sup>Für die Definition von Einstimmigkeitsspielen siehe Kapitel 5.

<sup>38</sup>Ein weiterer Kritikpunkt war etwa, dass die allgemeine Auswahltheorie nicht auf einer *axiomatischen Fundierung* basiert, siehe z. B. Güth und Kalkofen (1989) oder Elberfeld und Löffler (2000). Harsanyi und Selten zeigen zwar, dass das Axiom *Invarianz* bezüglich des Risikodominanzkonzepts erfüllt ist, geben allerdings ein Gegenbeispiel für die allgemeine Forderung *Monotonie*, siehe hierzu S. 212 und S. 217-218 in Harsanyi und Selten (1988).

Weiterhin wird zur Klärung der Risikodominanzbeziehung die so genannte *Logarithmische Tracing Procedure* verwendet. Nur für diese ist gezeigt, dass diese stets „well-defined“ ist und eine eindeutige Lösung besitzt (siehe Theorem 4.13.1 in Harsanyi und Selten 1988). Diese ist praktisch aber nicht einfach durchzuführen, da sie die (analytische) Lösung multidimensionaler Gleichungssysteme (oder alternativ bisher noch nicht entwickelter Verfahren zur Lösung algebraischer Gleichungen) erfordert.

Zwar bietet die *Lineare Tracing Procedure*, falls diese nicht „ill-defined“ ist, eine Alternative (siehe Theorem 4.13.4 in Harsanyi und Selten 1988) und für diese gibt es auch ein (implementierbares) Lösungsverfahren, siehe Herings und van den Elzen (2002), aber falls diese „ill-defined“ ist (siehe Theorem 4.13.3, aber auch Theorem 4.13.5 in Harsanyi und Selten 1988; ein Beispiel für eine „ill“-definierte lineare Tracing Procedure findet man etwa in Harsanyi und Selten 1988 S.159-162), kann keine eindeutige Lösung abgeleitet werden (Ein Kriterium, um festzustellen, ob für ein gegebenes Spiel die lineare Tracing

Ausgehend von diesem Ansatz kam es dann zu einer Reihe weiterer Auswahltheorien, zum Beispiel der „Equilibrium Selection Based on Resistance Avoidance“ (Güth und Kalkofen, 1989) und „Equilibrium Selection by Unilateral Deviation Stability“ (Güth, 1992).

Im Jahre 1995 publizierten schließlich sowohl Selten, als auch Harsanyi selbst den Risikodominanzaspekt favorisierende Ansätze: „An Axiomatic Theory of a Risk Dominance Measure for Bipolar Games with Linear Incentives“ (Selten, 1995) und einer auf *multilateraler* Risikodominanz<sup>39</sup> basierender Auswahltheorie für Spiele mit vollständiger (Harsanyi, 1995a) und unvollständiger (Harsanyi, 1995b) Information.

Die bis dato jüngste Auswahltheorie ist die von Werner Güth (2002), welche auf die axiomatische Fundierung einer Auswahltheorie<sup>40</sup> (Lösungsfunktion) bzw. damit verbundener Probleme<sup>41</sup> fokussiert.

Moderne Gleichgewichtsauswahltheorien beanspruchen dabei alle, dass die eigentliche Diskreminierung lediglich zwischen *plausiblen* Lösungskandidaten stattfinden sollte. Dabei beinhaltet der Begriff „Plausibilität“ in diesem Zusammenhang zum Einen den Umstand, dass Gleichgewichte *perfekt* sein sollen. Deshalb wird ein Spiel  $\varepsilon$ -perturbiert, d. h. alle reine Strategien „müssen“ mit einer *Minimumwahrscheinlichkeit*  $\varepsilon > 0$  gespielt werden.

Zum Anderen werden *dominierte* Strategien ausgeschlossen und so genannte *duplikate* Strategien (diese bedingen den gleichen Payoff für alle anderen Spieler für alle möglichen Strategiekombinationen) durch deren *Centroid* (Gleichverteilung für alle duplikaten Strategien derselben Klasse) ersetzt.<sup>42</sup>

Nach (evt.) wiederholter *Elimination (dominierter) und Substitution (duplikater Strategien)*, werden dann Teilspiele, so genannte *primitive Formationen*, untersucht, deren Gleichgewichte primäre Lösungskandidaten für zugrundegelegte Diskreminierungsansätze wie z. B. *Risikodominanz* oder *unilaterale*

---

Procedure „ill-defined“ ist, sind so genannte Destabilisierungspunkte, siehe Abschnitt 4.18 in Harsanyi und Selten 1988.).

Damit ist die praktische Anwendbarkeit dieses Ansatzes ein weiterer Kritikpunkt.

<sup>39</sup>Eine kurze Darstellung dieses Konzepts findet der Leser im Zusammenhang mit Aspekten der weiteren Forschung in Kapitel 5.

<sup>40</sup>Hier also *Konsistenz*, *Optimalität* und *umgekehrte Konsistenz*.

<sup>41</sup>Siehe insbesondere Peleg und Tijs (1996) im Zusammenhang mit Norde et al. (1996).

<sup>42</sup>Diese Fälle sind bei den später zu untersuchenden Spielen nicht von Interesse.

*Abweichungsstabilität* (Güth 1992, 2002) sind.

In der später betrachteten Klasse von Markteintrittsspielen ist man allerdings zunächst mit zwei *Spezialfällen* konfrontiert. Entweder das transformierte (also um den Aggregationsansatz und unter Berücksichtigung Sozialer Projektion erweiterte)  $\varepsilon$ -perturbierte Markteintrittsspiel *besitzt* in Abhängigkeit der Gewinn- oder Verlusterfahrungen der Spieler in den jeweiligen Kombinationen *genau eine primitive Teilformation* in Form eines strikten (und perfekten) Gleichgewichts. Dieses *Gleichgewicht präsentiert* dann bereits die *Lösung* der Auswahlprozedur (und zwar gemäß aller oben benannten Auswahltheorien).

Oder das  $\varepsilon$ -perturbierte Markteintrittsspiel besitzt *mehrere strikte (perfekte) Gleichgewichte* zwischen denen diskreminiert werden muss. Sind Überlegungen bezüglich der Auszahlungsdominanz nicht von Interesse<sup>43</sup>, dann erfolgt die Auswahl zwischen diesen Lösungskandidaten, in dem man so genannte *payoff-perturbierte Spiele* betrachtet.

In dieser Arbeit wird dabei ein Verfahren zugrunde gelegt, welches payoff-perturbierte Spiele bezüglich *Risikodominanzrelationen* untersucht, der so genannten *Logarithmischen Tracing Procedure* (Harsanyi und Selten, 1988). Zwar stellt die mathematische Anwendung dabei im Allgemeinen eine nur schwer zu lösende Herausforderung dar, da diese die (analytische) Lösung multidimensionaler nichtlinearer Gleichungssysteme impliziert (und unter den allgemeinen Annahmen bezüglich der Auszahlungstransformationen des Aggregationsmodells unmöglich ist)<sup>44</sup>. Allerdings existieren fundamentale Erkenntnisse bezüglich der *Unität* und *Existenz von Lösungen*<sup>45</sup>, so dass die Analyse der später betrachteten Markteintrittsspiele entweder in einer *eindeutig bestimmten Auswahl*<sup>46</sup> resultiert *oder zumindest Ausschlusskriterien* für die zu testenden Vorhersagen abgeleitet werden können.

---

<sup>43</sup>Dies kann zum Einen dann der Fall sein, wenn Payoff-Dominanz nicht relevant ist, wie in den später betrachteten Spielen. Andererseits räumen moderne Auswahltheorien grundsätzlich Risikodominanzaspekten Priorität ein.

<sup>44</sup>Siehe (4.13.5)-(4.13.7) in Harsanyi und Selten (1988).

<sup>45</sup>Siehe Theorem 4.13.1 in Harsanyi und Selten (1988), S. 167-168.

<sup>46</sup>Hier in Form des vollständig gemischten Gleichgewichts.

### 3.5 Experiment 3: Aggregationseffekte in einem Battle-Of-The-Sexes Spiel

Das Battle-Of-The-Sexes Spiel (im Folgenden kurz BOS-Spiel) ist für zwei Spieler  $i$  und  $j$  definiert durch<sup>47</sup>:

$$BOS = (S_i, S_j; H_i, H_j; \{i, j\}), \quad (3.22)$$

mit  $S_i = \{s_i^i, s_i^j\}$  und  $S_j = \{s_j^i, s_j^j\}$  mit den Auszahlungsfunktionen für eine Strategiekombination  $s = (s_i, s_j)$  für  $s_i \in S_i$  und  $s_j \in S_j$ :

$$H_i(s) := \begin{cases} y & \text{für } s = (s_i^i, s_j^i) \\ x & \text{für } s = (s_i^j, s_j^j) \\ 0 & \text{sonst,} \end{cases} \quad (3.23)$$

und

$$H_j(s) := \begin{cases} y & \text{für } s = (s_i^j, s_j^j) \\ x & \text{für } s = (s_i^i, s_j^i) \\ 0 & \text{sonst.} \end{cases} \quad (3.24)$$

Dabei sei im Allgemeinen angenommen, dass  $y > x > 0$  gilt. Dieses Spiel besitzt die beiden (symmetrischen) Gleichgewichte in reinen Strategien  $\tilde{s}^i = (s_i^i, s_j^i)$  und  $\tilde{s}^j = (s_i^j, s_j^j)$ .

Beide *Gleichgewichte* sind *perfekt* und 3.21 impliziert, dass das *vollständig gemischte Gleichgewicht Lösung* des Spiels ist, d. h. wenn  $\tilde{q}_i$  die Wahrscheinlichkeit für das Spielen von  $s_i^i$  des Spielers  $i$  bezeichnet und  $\tilde{q}_j$  die Wahrscheinlichkeit für das Spielen von  $s_j^j$  des Spielers  $j$  bezeichnet, dann kann man das gemischte Gleichgewicht charakterisieren durch  $\tilde{q}^i = (\tilde{q}_i, 1 - \tilde{q}_i)$  bzw.  $\tilde{q}^j = (1 - \tilde{q}_j, \tilde{q}_j)$  mit  $\tilde{q}_i = \frac{y}{y+x} = \tilde{q}_j$ . (Der Grund für diese Darstellung besteht darin, dass man später daran interessiert ist zu sehen, mit welcher Wahrscheinlichkeit der jeweilige Spieler  $i$  und  $j$  das für ihn jeweils „bessere“ Gleichgewicht spielt.)

#### 3.5.1 Anwendung des Aggregationsmodells

Für die Ableitung von Verhaltensprognosen ist es in einigen Fällen notwendig, für die in Abschnitt 3.2 definierten allgemeinen *Wertfunktionen*  $v^{\text{konkav}}$  und

---

<sup>47</sup>Es werden hier bewusst die „abstrakten“ Indices  $i$  und  $j$  verwendet, um eine spätere Zuordnung von Gewinnern, Verlierern und Neutralen zu erleichtern.

$v^{konvex}$  eine *parameterisierte Form* anzunehmen. Dies soll geschehen durch

$$v^{konvex}(y_j) := \begin{cases} e^{\alpha \cdot y_j} - 1 & \text{für } y_j \geq 0 \\ \lambda \cdot (e^{\alpha \cdot y_j} - 1) & \text{für } y_j < 0 \end{cases} \quad (3.25)$$

und

$$v^{konkav}(y_j) := \begin{cases} -(e^{\alpha \cdot y_j} - 1) & \text{für } y_j \geq 0 \\ -\lambda \cdot (e^{\alpha \cdot y_j} - 1) & \text{für } y_j < 0, \end{cases} \quad (3.26)$$

mit den individuell spezifischen Parametern  $\alpha > 0$  für das Ausmaß der RisikoEinstellung und  $\lambda > 0$  für das Ausmaß an Verlustaversion.

Eine *Rechtfertigung* für diese Vorgehensweise kann einerseits *empirisch* erfolgen: So bestätigen Currim und Sarin (1989) das Präferenzwertmodell gemäß der PT mit einer exponentiellen Werfunktion. Smidts (1997) findet in seinen Analysen sogar, dass eine exponentielle Werfunktion das Präferenzwertmodell besser „fittet“ als eine Potenzfunktion und Beetsma und Schotman (2001) zeigen, dass in ihrer Studie beide Ansätze in etwa gleich gut sind.

Andererseits gibt es auch eine *theoretische* Begründung für die Wahl einer exponentiellen Werfunktion: So präsentiert Zank (2001) eine umfassende Axiomatisierung der CPT in Verbindung mit einer exponentiellen Werfunktion. Voraussetzung hier ist allerdings, dass die Anzahl der Ereignisse größer/gleich drei beträgt. In (echten) Spielsituationen ist dies immer der Fall.

Für das BOS-Spiel in Standardform  $BOS$  hat die Anwendung des Aggregationsmodells bei vorherigen Gewinn- oder Verlusterfahrungen  $e_i, e_j \in \mathbb{R}$  jetzt die folgenden *Auszahlungstransformationen* für das Spiel

$$BOS_i^{PTA} = (S_i, S_j; H_i^i, H_j^i; \{i, j\}), \quad (3.27)$$

aus Sicht des Spielers  $i$  zur Konsequenz: Seinen eigenen Payoff bewertet dieser durch

$$H_i^i(s) = \begin{cases} v_i(e_i + y) & \text{für } s = (s_i^i, s_j^i) \\ v_i(e_i + x) & \text{für } s = (s_i^j, s_j^j) \\ v_i(e_i) & \text{sonst,} \end{cases} \quad (3.28)$$

und den Payoff von Spieler  $j$  gemäß

$$H_j^i(s) = \begin{cases} v_i(e_j + y) & \text{für } s = (s_i^j, s_j^j) \\ v_i(e_j + x) & \text{für } s = (s_i^i, s_j^i) \\ v_i(e_j) & \text{sonst.} \end{cases} \quad (3.29)$$

		Spieler V	
		$s_1^V$	$s_2^V$
Spieler G	$s_1^G$	$[v_G(e_G + y), v_G(e_V + x)]$	$[v_G(e_G), v_G(e_V)]$
	$s_2^G$	$[v_G(e_G), v_G(e_V)]$	$[v_G(e_G + x), v_G(e_V + y)]$

Abbildung 3.5: Auszahlungsmatrix des Spiels  $BOS_G^{PTA}$ 

		Spieler V	
		$s_1^V$	$s_2^V$
Spieler G	$s_1^G$	$[v_V(e_G + y), v_V(e_V + x)]$	$[v_V(e_G), v_V(e_V)]$
	$s_2^G$	$[v_V(e_G), v_V(e_V)]$	$[v_V(e_G + x), v_V(e_V + y)]$

Abbildung 3.6: Auszahlungsmatrix des Spiels  $BOS_V^{PTA}$ 

Dabei ist  $v_i$  gemäß 3.25 und 3.26 definiert. Nimmt man beispielsweise an, dass Spieler  $i$  ein Gewinner (G) mit Gewinnerfahrung  $e_G$  und Spieler  $j$  ein Verlierer (V) mit Verlusterfahrung  $e_V$  ist, dann sieht sich der Gewinner (subjektiv) mit der Auszahlungsmatrix in Abbildung 3.5 konfrontiert. Entsprechend nimmt der Verlierer das Spiel wie in Abbildung 3.6 war.

Gemäß Theorem 10 besitzt das (allgemeine) Spiel  $BOS_i^{PTA}$  wieder die *beiden* (symmetrischen) *Gleichgewichte in reinen Strategien*  $\tilde{s}^i = (s_i^i, s_j^i)$  und  $\tilde{s}^j = (s_i^j, s_j^j)$ .

Darüber hinaus kann man ein *gemischtes Gleichgewicht* ableiten, welches durch die Gleichgewichtswahrscheinlichkeit  $\tilde{q}_i$  für das Spielen von  $s_i^i$  von Spieler  $i$  angegeben werden kann mit

$$\tilde{q}_i = \frac{v_i(e_j + y) - v_i(e_j)}{v_i(e_j + y) + v_i(e_j + x) - 2v_i(e_j)}. \quad (3.30)$$

In dieser Studie sind die Gewinn- und Verlusterfahrungen (wie auch in Experiment 1 und 2) so gewählt, dass gilt:  $e_V + y \leq 0$  und  $e_G - y \geq 0$ , d. h. bei der Aggregation der Erfahrung mit einer weiteren Auszahlung kann man nicht über den Referenzpunkt hinaus kommen. Weiterhin hängt die Gleichgewichtswahrscheinlichkeit  $\tilde{q}_i$  nur vom individuenpezifischen Parameter  $\alpha$  in den aus 3.25 und 3.26 stammenden Funktionen  $v_i$  ab. Diese Abhängigkeit sei kurz mit

$$\tilde{q}_i = f(\alpha), \quad (3.31)$$

für 3.30, symbolisiert. Diese Bezeichnung wird sich bei den Prognosen im folgenden Abschnitt, d. h. insbesondere bei der Berechnung von Grenzwerten, als hilfreich erweisen.



### 3.5.2 Verhaltensprognosen

Um Verhaltensprognosen im BOS-Spiel abzuleiten, seien im Folgenden das Spiel  $BOS_i^{PTA}$  und in Anlehnung an die entscheidungstheoretischen Studien der Spezialfall  $BOS_i^{PTP}$  betrachtet. Dies bedeutet, dass man folgende Fälle für die *Aggregation* (A) bzw. *Segregation* (S) vorheriger Gewinn- oder Verlusterfahrungen mit nachfolgenden Auszahlungen und anschließender Transformation gemäß 3.25 bzw. 3.26 im Koordinationsspiel BOS unterscheiden kann:

- ▷ **A1, S1:** Konvexe Wertfunktion im Verlust- und konkave Wertfunktion im Gewinnbereich (1. Fall im Abschnitt 3.2),
- ▷ **A2, S2:** konvexe Wertfunktion sowohl im Verlust- als auch Gewinnbereich (2. Fall im Abschnitt 3.2),
- ▷ **A3, S3:** konkave Wertfunktion sowohl im Verlust- als auch Gewinnbereich (3. Fall im Abschnitt 3.2),
- ▷ **A4, S4:** Konvexe Wertfunktion im Verlust- und konkave Wertfunktion im Gewinnbereich (4. Fall im Abschnitt 3.2).

Im Falle von Segregation ( $e \equiv 0$ ) bleiben die betrachteten Spiele unter S1-S4 symmetrisch, d. h. eine auf Risikodominanz basierende Auswahl realisiert das gemischte Gleichgewicht<sup>48</sup>. Damit reduziert sich 3.30 zu

$$\tilde{q}_i = \frac{v_i(y)}{v_i(y) + v_i(x)}. \quad (3.32)$$

Betrachtet man die dazu korrespondierende Funktion  $f$  im Sinne von 3.31, dann kann man für S1-S4 *Grenzwerte* für  $\alpha \rightarrow 0$  und  $\alpha \rightarrow \infty$  *berechnen* und somit *Intervallgrenzen für ein Prognoseintervall* in  $[0, 1]$  für  $\tilde{q}_i$  bestimmen. Da die individuellen  $\alpha$  unbekannt sind, sollen somit alle möglichen Ausprägungen für die Fälle S1-S4 abgedeckt werden.

Entsprechend kann man vorgehen, falls zwar gemäß A1-A4 aggregiert wird, aber das gemischte Gleichgewicht gespielt wird. Nur im Falle von A1 und A4 schreibt eine auf Risikodominanz basierte Auswahltheorie vor, dass eine reine Gleichgewichtsstrategie gespielt wird. Seien dazu Spielerkombinationen aus der Menge  $C = \{(i, j) | i, j \in G, N, V\}$  aller möglichen Spielerkombinationen betrachtet. Dabei bezeichnet  $N$  einen „neutralen“ Spieler ohne Gewinn-

---

<sup>48</sup>Vgl. auch mit der zweiten Bemerkung in Abschnitt 3.3.3.

oder Verlusterfahrung und (wie bereits erwähnt)  $V$  einen Spieler mit Verlusterfahrung, sowie  $G$  entsprechend einen Spieler mit Gewinnerfahrung. Die Prognosen ergeben sich jetzt aufgrund von Theorem 11 und 12.

**Theorem 11** *Sei  $|e_V| = e_G$ . Aufgrund des Risikodominanzkriteriums wird*

- i) im Fall der Verhaltensannahme A1 und für die Spielerkombinationen  $(V, G)$  und  $(V, N)$  das reine Gleichgewicht  $\tilde{s}^V$  gewählt und*
- ii) im Fall der Verhaltensannahme A4 und für die Spielerkombination  $(V, G)$  das reine Gleichgewicht  $\tilde{s}^G$  und für die Spielerkombination  $(V, N)$  das reine Gleichgewicht  $\tilde{s}^N$  gewählt.*

**Beweis.** Siehe C4 im Anhang.

**Interpretation.**<sup>49</sup> Zunächst sei das zum Spiel  $BOS_i^{PTA}$  strategisch äquivalente Spiel mit den Auszahlungsfunktionen betrachtet:

$$H_i^i(s) = \begin{cases} v_i(e_i + y) - v_i(e_i) & \text{für } s = (s_i^i, s_j^i) \\ v_i(e_i + x) - v_i(e_i) & \text{für } s = (s_i^j, s_j^j) \\ 0 & \text{sonst,} \end{cases} \quad (3.33)$$

und

$$H_j^i(s) = \begin{cases} v_i(e_j + y) - v_i(e_j) & \text{für } s = (s_i^j, s_j^j) \\ v_i(e_j + x) - v_i(e_j) & \text{für } s = (s_i^i, s_j^i) \\ 0 & \text{sonst.} \end{cases} \quad (3.34)$$

Zunächst gilt aufgrund der Monotonie der Wertfunktion wieder, dass für Spieler  $i$  das Gleichgewicht  $\tilde{s}^i$  und für Spieler  $j$  das Gleichgewicht  $\tilde{s}^j$  das „bessere“ ist, da  $v_i(e_i + y) - v_i(e_i)$  größer als  $v_i(e_i + x) - v_i(e_i)$  und auch  $v_i(e_j + y) - v_i(e_j)$  größer als  $v_i(e_j + x) - v_i(e_j)$  ist.

Ist Spieler  $i$  jetzt ein *Verlierer* ( $i = V$ ) und verhält sich gemäß A4 (d. h. er ist risikofreudig im Verlust- und risikoavers im Gewinnbereich) und unterstellt dem Gegenspieler, welcher ein *Gewinner* ist ( $j = G$ ), ebenfalls ein Verhalten gemäß A4, dann „sorgt“<sup>50</sup> der konvexe Verlauf der Wertfunktion im Verlustbereich und der konkave Verlauf im Gewinnbereich dafür, dass das Verhältnis

$$R_G := \frac{v_V(e_V + y) - v_V(e_V)}{v_V(e_V + x) - v_V(e_V)}$$

<sup>49</sup>Siehe auch die Ausführungen zur *Risikodominanz* im Abschnitt 3.3.2.

<sup>50</sup>Für den konkreten mathematischen Beweis siehe Anhang C5.

größer ist als das Verhältnis

$$R_V := \frac{v_V(e_G + y) - v_V(e_G)}{v_V(e_G + x) - v_V(e_G)}.$$

Aus Sicht von Spieler  $V$  ist das Risiko dafür, dass es nicht zu einer Koordination im Gleichgewicht  $\tilde{s}^V$  kommt (wenn dieser  $s_V^V$  spielt), mit dem Verhältnis  $R_V$  verbunden.

Betrachtet der Verlierer jetzt das Risiko für den Gewinner, dass es nicht zu einer Koordination in  $\tilde{s}^G$  kommt (falls der Gewinner  $s_G^G$  spielt), dann ist dieses größer, da es mit dem Verhältnis  $R_G$  verbunden ist.

Unter der Annahme sozialer Projektion „glaubt“ der Verlierer, dass der Gewinner diesen Sachverhalt ebenfalls antizipiert und erwartet, dass dieser das Gleichgewicht  $\tilde{s}^V$  spielt. Daher sollte der Verlierer ebenfalls das Gleichgewicht  $\tilde{s}^V$  wählen.

Ist Spieler  $i$  jetzt ein *Gewinner* ( $i = G$ ) und verhält sich gemäß A1 und erwartet vom *Gegenspieler mit Verlusterfahrung* dasselbe Verhalten, dann ist das Risiko, dass es nicht zur Koordination in  $\tilde{s}^G$  kommt (falls der Gewinner  $s_G^G$  spielt), mit dem Verhältnis

$$R_G := \frac{v_G(e_V + y) - v_G(e_V)}{v_G(e_V + x) - v_G(e_V)}$$

verbunden. Das Risiko für das nicht Zustandekommen einer Koordination für den Verlierer in  $\tilde{s}^V$  (wenn dieser  $s_V^V$  spielt) ist mit dem Verhältnis

$$R_V := \frac{v_G(e_G + y) - v_G(e_G)}{v_G(e_G + x) - v_G(e_G)}$$

verbunden.

Unter der Annahme A1 ist auch hier  $R_G > R_V$ , d. h. der Gewinner spielt  $\tilde{s}^V$ , da er dasselbe Verhalten vom Verlierer erwartet.

Für die Verhaltensannahme A4 erfolgt die Interpretation umgekehrt<sup>51</sup> (d. h. es werden konkave Wertfunktionen im Verlust- und konvexe Wertfunktionen im Gewinnbereich betrachtet, was zur Umkehrung der Relation zwischen  $R_G$  und  $R_V$  führt).

---

<sup>51</sup>Für die Situation  $(V, N)$  muss in der Interpretation lediglich das Wort *Gewinner* durch *Neutralen* ersetzt werden.

**Theorem 12** Sei  $|e_V| = e_G$ . Weiter sei

$$C_1 := C \setminus \{(V, G), (V, N), (G, V), (N, V)\}.$$

Dann wird für alle Kombinationen aus  $C_1$  und für alle Verhaltensannahmen A1,...,S4 das gemischte Gleichgewicht  $\tilde{q}^i$  bzw.  $\tilde{q}^j$  ausgewählt.

**Beweis.** Siehe C5 im Anhang.

**Interpretation.** Aufgrund von *Symmetrie* (einerseits bedingt durch gleiche Spielertypen, andererseits bedingt durch die Verhaltensannahmen A2 und A3 in Verbindung mit 3.25 und 3.26) gilt etwa für einen Gewinner und Verlierer  $R_G = R_V$ , dass heißt die jeweiligen Risiken für das Abweichen des Verlierers und Gewinners von ihrer „besseren“ Gleichgewichtsstrategie sind gleich groß.

In diesem Fall sind die Spieler gerade indifferent zwischen ihren beiden Gleichgewichtsstrategien und sollten (entsprechend ihrer gemischten Gleichgewichtsstrategie) *randomisieren*.

Wie oben bereits erwähnt, kann man für das gemischte Gleichgewicht Prognoseintervalle  $(l_{\min}, l_{\max})$  durch *Grenzwertbetrachtung* mit

$$l_{\min} = \min\{\lim_{\alpha \rightarrow 0} f(\alpha), \lim_{\alpha \rightarrow \infty} f(\alpha)\}$$

und

$$l_{\max} = \max\{\lim_{\alpha \rightarrow 0} f(\alpha), \lim_{\alpha \rightarrow \infty} f(\alpha)\}$$

berechnen.<sup>52</sup>

Zusammengefasst sieht man diese zunächst in den beiden Tabellen 3.7 und 3.8 für die Verhaltensprognosen im transformierten BOS-Spiel.<sup>53</sup>

Betrachtet man in Tabelle 3.7 in der ersten Spalte den Eintrag „NV“, dann bedeutet dies, dass hier diejenige Spielerkombination betrachtet wird, in der ein „Neutraler“ (also jemand *ohne* vorherige Gewinn- oder Verlusterfahrung) gegen einen Verlierer spielt, aber aus der Perspektive dieses Neutralen. Da beide zur Disposition stehenden reinen Gleichgewichte perfekt sind, wird für diese Kombination unter der Verhaltensannahme A1 (siehe letzte Spalte)

---

<sup>52</sup>Siehe auch 3.31.

<sup>53</sup>Die Ableitung der Intervalle für gemischte Gleichgewichtsstrategien basiert dabei auf den später verwendeten konkreten Auszahlungen  $x = 3$  und  $y = 9$ . Die Berechnungen erfolgten mit Hilfe der Software *Mathematica*.

Kombination aus der Sicht von Spieler $i, j$ ( $j, i$ )	vorhergesagte Strategiewahl: $\tilde{q}^i$ und $\tilde{q}^j$	korrespondierende Fälle
$NV$ ( $VN$ )	0%	A1 (A4)
	1% – 50%	-
	51% – 74%	A2 S3 S4 (A3 S1 S2)
$GV$ ( $VG$ )	75%	$\tilde{q}_i^{BOS}$
	76% – 99%	A3 S1 S2 (A2 S3 S4)
	100%	A4 (A1)

Abbildung 3.7: Prognosen asymmetrische Kombinationen.

Kombination aus der Sicht von Spieler $i$	vorhergesagte Strategiewahl: $\tilde{q}^i$	korrespondierende Fälle
$VV$ ( $GG, NG, NN, GN$ )	51% – 74%	A3 A4 S3 S4 (A1 A3 S1 S3)
	75%	$\tilde{q}_i^{BOS}$
$VV$ ( $GG, NG, NN, GN$ )	76% – 99%	A1 A2 S1 S2 (A2 A4 S2 S4)
	0% – 50% & 100%	-

Abbildung 3.8: Prognosen symmetrische Kombinationen.

aufgrund von Risikodominanz dasjenige reine Gleichgewicht ausgewählt, bei welchem der Neutrale das für ihn bessere Gleichgewicht  $\tilde{q}^N$  mit Wahrscheinlichkeit Null spielt.

Entsprechend beschreibt der Klammerausdruck das Verhalten des Verlierers in dieser Spielerkombination. Hier müsste dieser unter der Verhaltensannahme A1 (siehe den Klammerausdruck in der dritten Spalte, letzte Zeile) sein besseres Gleichgewicht mit einer Wahrscheinlichkeit von 100% spielen.

Das Prognoseintervall unter den Verhaltensannahmen z. B. für die Spielerkombination  $(G, V)$  aus der Perspektive des Gewinners ist für die Verhaltensannahmen A3, S1, S2 gleich und ist  $[76\% - 99\%]$ .

In Tabelle 3.8 stehen die Prognosen für die symmetrischen Kombinationen und  $(G, N)$ . Verlierer in  $(V, V)$  „mischen“ demnach unter A3 oder A4 oder S3 oder S4 im Intervall  $[51\% - 74\%]$ , während beispielsweise sowohl Neutrale als auch Gewinner in der Kombination  $(N, G)$  unter der Annahme A2 oder A4 oder S2 oder S4 im Intervall  $[76\% - 99\%]$  mischen sollten.

Sollten die Spieler weder aggregieren noch transformieren, dann müssten diese das symmetrische gemischte Nash-Gleichgewicht  $\tilde{q}^{BOS}$  mit der Wahrscheinlichkeit für das jeweils „bessere Gleichgewicht“ von  $\tilde{q}_i^{BOS} = 75\%$  spielen.<sup>54</sup>

### 3.5.3 Experimentelles Design und Durchführung

Dieses anreizkompatible, computergestützte<sup>55</sup> Laborexperiment<sup>56</sup> wurde an der Humboldt-Universität zu Berlin mit 168 Probanden durchgeführt. Jeder Proband erhielt vor Beginn des eigentlichen Experiments einen „Show-up-fee“ von 11 Euro.<sup>57</sup> Die meisten Probanden waren Studenten der Wirtschaftswissenschaften. Insgesamt fanden 14 Sitzungen (in einem Experimentallabor der HU zu Berlin) mit jeweils 12 Teilnehmern statt.

Jeweils vier der 12 Teilnehmer machten nach einer entsprechenden Einweisung mit Sicherstellung der „common-knowledge-Bedingung“ zu Beginn des

<sup>54</sup>Hier basierend auf den konkreten Auszahlungen  $x = 3$  und  $y = 9$ .

<sup>55</sup>Die Implementierung erfolgte dabei unter Verwendung der Experimentalsoftware Z-Tree, siehe Fischbacher (2001).

<sup>56</sup>Eine Dokumentation der entsprechenden Bildschirmausgaben kann beim Autor angefordert werden.

<sup>57</sup>Das Geld musste dabei wieder von den Probanden sofort privat verwahrt werden, um eine mögliche Beeinflussung des Verhaltens im Experiment zu minimieren.

Experiments eine Gewinnerfahrung von 9 Euro, jeweils vier eine Verlusterfahrung von 9 Euro und vier machten keine vorherige Erfahrung. Dabei wurde wieder die Zufallsziehung mit Hilfe der Bingotrommel wie im Experiment 1 angewendet.

Die Probanden wurden dann darüber informiert, dass diese nun in verschiedenen BOS-Spielen gegen zufällig vom Computer ausgewählte Gegenspieler spielen würden und lediglich über die Gewinn- oder Verlusterfahrung des Gegenspielers, nicht aber über die Person als solche informiert werden würden. Um sicherzustellen, dass jede Spielerkombinationen mindestens einmal gespielt wurde, mussten so multiple Runden realisiert werden. Um das Ausmaß möglicher Lerneffekte zu minimieren, erhielten die Probanden während des Experiments keinerlei Information über das Ergebnis oder die Strategiewahl des Gegenspielers. Stattdessen wurde (zur Sicherstellung der Anreizkompatibilität) den Probanden mitgeteilt, dass am Ende des Experiments genau ein Spiel zufällig vom Computer ausgewählt werden würde, das in seinem Ergebnis dann auszahlungsrelevant für die Beteiligten werden würde.

Die Auszahlungen im BOS-Spiel waren mit  $x = 3$  und  $y = 9$  Euro spezifiziert. Damit erhielt ein Teilnehmer im schlechtesten Fall für die Teilnahme am Experiment insgesamt 2 Euro (Show-up-fee minus Verlusterfahrung und Null Euro Auszahlung im Spiel) und im besten Fall verließ dieser mit insgesamt 20 Euro das Labor (bei einer Dauer von ca. 75 Minuten).

Um das Verhalten gemäß der Prognosetabellen 3.1 und 3.2 analysieren zu können, wurden die Probanden nach „gemischten“ Strategien gefragt. Dies geschah in folgender Form: Der Proband sollte insgesamt 100 Lose in eine Urne füllen. Dabei gab es zwei Typen von Losen, solche die die Strategiewahl „A“ und solche die die Strategiewahl „B“ identifizierten. Basierend auf der so angegebenen Verteilung würde der Computer dann die Strategie „A“ oder „B“ ausspielen und als Probandenentscheidung „verstehen“.

Am Ende des Experiments wurden dann noch einige statistische Fragen, z. B. bezüglich des Geschlechts, des Alters usw. gestellt. Jeder der 168 Teilnehmer spielte insgesamt 12 Runden, so dass insgesamt 168 mal 12 mal  $0.5 = 1006$  Spiele mit 2012 Entscheidungen erfasst wurden.

### 3.5.4 Resultate

Eine „erste Sicht“ der Daten deutete starke *geschlechtsspezifische Unterschiede* an, außerdem motivieren *empirische Resultate aus der sozialpsychologischen*

*Literatur*<sup>58</sup>, die Ergebnispräsentation in diesem Abschnitt immer getrennt nach Frauen und Männern vorzunehmen.

Dies geschieht in einer ersten Analyse mit Hilfe von *Balkendiagrammen*. Für jede Spielerkombination wird auf der Abszisse der Anteil der Strategiewahlen für das jeweilige Intervall gemessen. Dieses präsentiert dabei die Wahl  $\tilde{q}_i$  für das Spielen des reinen Gleichgewichts  $\tilde{s}^i$ . Mit anderen Worten, für die abgebildete Spielerkombination  $i, j$  identifiziert die Abszisse den Anteil an Strategiewahlen des  $i$  des für ihn „besseren“ Gleichgewichts  $\tilde{s}^i$ . Dabei ist die Abszisse für asymmetrische Spielerkombinationen in 5%-Schritte und für symmetrische Kombinationen in 10%-Schritte unterteilt.<sup>59</sup>

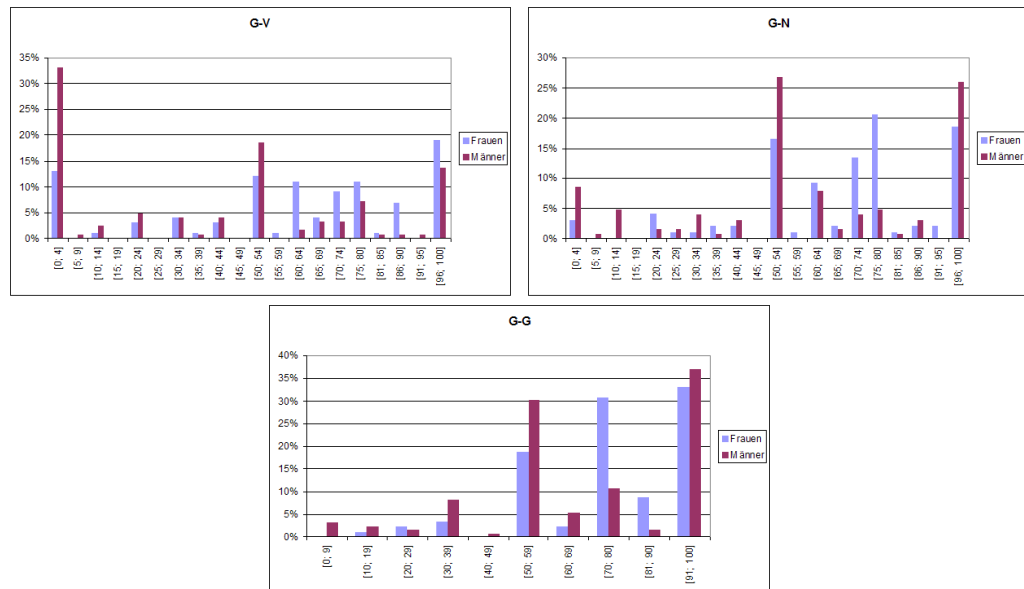


Abbildung 3.9: Strategiewahlen der Gewinner.

Zunächst erkennt man für das Verhalten von *männlichen Gewinnern* in der Situation G-V (vgl. Tabelle 3.7), dass mit 34% eine *Häufung* für die *Hypothese* A1 vorliegt, während *weibliche Gewinner* dieses Gleichgewicht lediglich

<sup>58</sup>Eine kurze Diskussion dieser empirischen Studien erfolgt später beim Vergleich von Studie 3 mit 4.

<sup>59</sup>In asymmetrischen Kombinationen bekommt „Mischen“ in der graphischen Darstellung so einen relativen Support, da man Strategiewahlen z. B. im Intervall 5% – 10% nicht mehr als „reine“ Strategiewahl interpretieren mag. In den symmetrischen Situationen wird mit einer Schrittweite von 10% das Streuen um das normative Nash-Gleichgewicht grafisch unterstützt, da man mit einer Abweichung von 5% nach oben oder unten, dies noch als eine Strategiewahl gemäß des symmetrischen Nash-Gleichgewichts interpretieren mag.



mit 13% fokussieren. Umgekehrt ist der Anteil für die Wahl des *mit der Hypothese* A4 korrespondierenden Verhaltens für Frauen mit 20% höher als der für Männer mit 14%.

Die Vorhersage in der Situation G-N und G-G bestand im Randomisieren (vgl. Tabelle 3.8) und zwar im Intervall 50% bis 100%, für irgend eine Verhaltensannahme A1 bis S4. Tendenziell scheint sich diese Prognose in einer Betrachtung mittlerer Strategiewahlen und unter Einbeziehung der Intervallgrenzen auch zu bestätigen.<sup>60</sup> Interessanterweise ist der Anteil von Entscheidungen *weiblicher Teilnehmer*, welche mit dem (nicht transformierten) *symmetrischen gemischten Nash-Gleichgewicht* von 75% korrespondieren in diesen Situationen (mit 21% und 31%) relativ hoch.

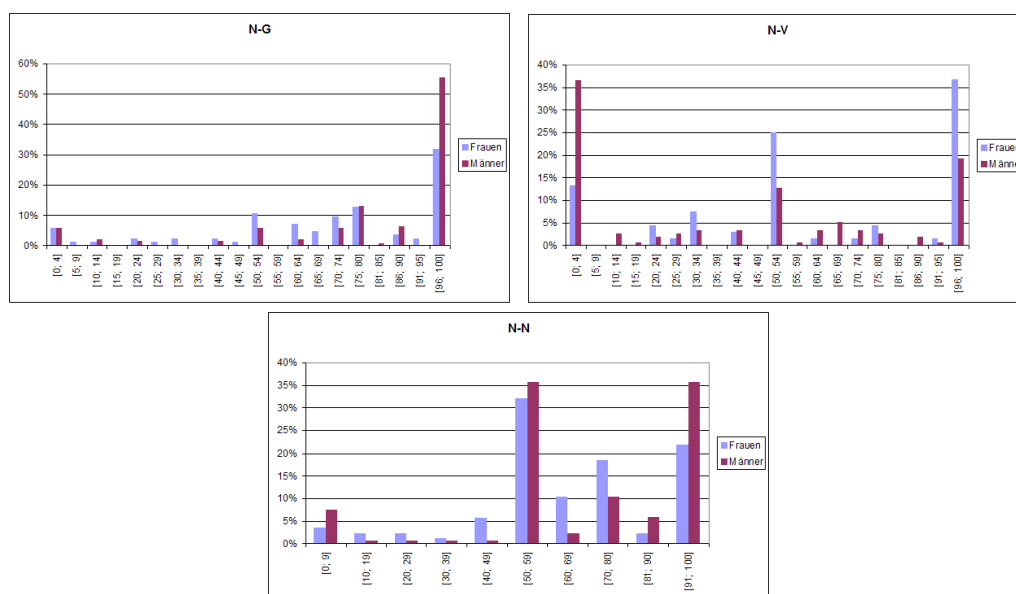


Abbildung 3.10: Strategiewahlen der Neutralen.

*Männer*, die *keine Erfahrung* gemacht haben, haben in der asymmetrischen Situation N-G eine starke Tendenz, das *Gleichgewicht ihres Gegenspielers* zu wählen (56%). Diese Tendenz wird hier mit 32% *auch von Frauen bestätigt*.

Dem Gegenüber spielen in N-V *Männer das von ihnen präferierte Gleichgewicht* (37%), *Frauen* hingegen *das des Gegenspielers* (37%). *Männer bestätigen somit das Aggregationsmodell in Verbindung mit der Verhaltensannahme*

<sup>60</sup>Man beachte aber die im Anschluss gemachten genaueren Analysen.

A1, während *Frauen Aggregation*, aber in Verbindung mit *Verhaltensannahme* A4 unterstützen.

In der *symmetrischen Situation* liegen die Strategiewahlen im Mittel zumindest wieder *innerhalb des Prognoseintervalls* (unter Einbeziehung der Randpunkte).

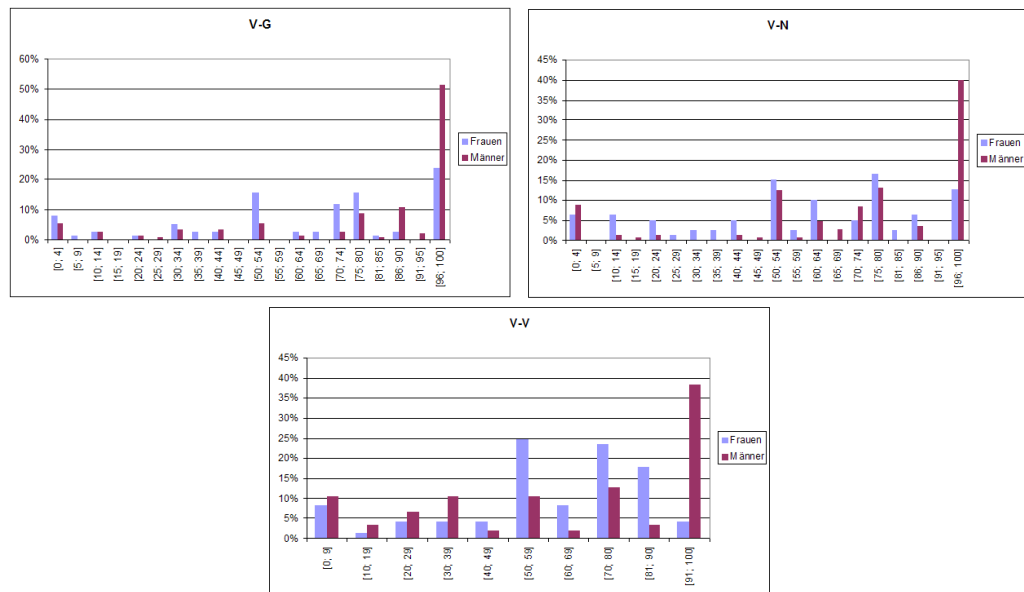


Abbildung 3.11: Strategiewahlen der Verlierer.

Das *Verhalten der Männer* in den Situationen V-G, V-N und V-V ist offensichtlich *durch „Risikofreude“* („Aggression“) geprägt, setzten diese vermehrt (über 50% in V-G, 40% in V-N und 37% in V-V) auf Koordination in dem für sie besseren Gleichgewicht. In V-G und V-N impliziert dies ein Verhalten gemäß Aggregation unter der Annahme A1. Das Verhalten der Frauen hingegen genügt dieser Hypothese nur bedingt.

Da die bisherige Ergebnispräsentation einen eher „informativen Charakter“ hatte, wird jetzt das Verhältnis  $r_i$  von *beobachteten versus erwarteten Strategiewahlen* in Verbindung mit einem  $\chi^2$ -Test auf Gleichverteilung betrachtet (vgl. Abschnitt 1.3). In den Tabellen 3.1 bis 3.6 sind diese Verhältnisse für die spezifischen, mit den Verhaltensprognosen korrespondierenden Intervalle  $I_i$  in den asymmetrischen und symmetrischen Spielkombinationen getrennt nach Frauen und Männern dargestellt. Die mit „\*\*“ gekennzeichneten *Spielkombinationen* (jeweils aus der Sicht des ersten Spielers) sind dabei *hoch*

*signifikant* (d. h. mit einem  $p\text{-level} < 0.01$ ). Dies bedeutet, dass sich die *Verteilung, basierend auf den gemessenen Anteilen* an Strategiewahlen in den jeweiligen Intervallen, von der *Verteilung unterscheidet, welche eine Gleichverteilung impliziert* und zwar für alle Kombinationen. In den Tabellen bezeichnet  $\tilde{q}_i$  die gemischte Gleichgewichtsstrategie für das Spielen des für den Spieler  $i$  besseren Gleichgewichts (jeweils der erste Spieler in der entsprechenden Kombination in der ersten Spalte). Entsprechend identifiziert  $\tilde{s}_i$  die reine Gleichgewichtsstrategie, die gemäß der Auswahltheorie für die entsprechende Verhaltensannahme A1 bzw. A4 zu spielen wäre.

Fett gedruckte  $r_I$  identifizieren das jeweilige Zeilenmaximum. Sind *alle Spaltenelemente* (deutlich) *größer als Eins*, dann sind die *Häufungen* in diesem Intervall (Punkt) *überzufällig* und die damit *korrespondierende Verhaltenshypothese kann nicht zurückgewiesen werden* und wird folglich angenommen (in der Tabelle mit einem „A“ markiert). Ist das  $r_I$  für  $I$  umgekehrt kleiner oder nahe Eins, dann sind Häufungen dort kleiner/gleich so hoch, wie vom Zufall postuliert. Daher müssen die damit korrespondierenden Verhaltenshypothesen hier zurückgewiesen werden (in der Tabelle mit einem „Z“ markiert).

Für das Verhalten von *Frauen* in den *asymmetrischen Situationen* (vgl. Tabelle 3.1) kann interessanterweise *kein mit einer spezifischen Prognose identifizierbares Verhalten* festgestellt werden. *Verlierer* verhalten sich offensichtlich gemäß des *Aggregationsprinzips* in Verbindung mit A1 (Wertfunktion gemäß der Kumulativen Prospekttheorie). Für *Gewinner* und *neutrale Spieler* hingegen erhält das *Aggregationsprinzip* unter A4 (konkave Wertfunktion im Verlust- und konvexe Wertfunktion im Gewinnbereich) Unterstützung. Ebenfalls kann Rationalverhalten im Sinne von Randomisieren gemäß des untransformierten symmetrischen gemischten Gleichgewichts nicht zurückgewiesen werden.

Für die *Kombination*  $(G, N)$  postulierte sowohl das Segregations-, als auch das Aggregationsmodell bei Anwendung des Risikodominanzprinzips und unter der Annahme exponentieller Wertfunktionen „*Mischen*“. Die entsprechenden Verhältnisse für die „*Mischintervalle*“ für weibliche Spieler sind in Tabelle 3.2 dargestellt.

Außer in Verbindung mit Rationalverhalten (Spielen des symmetrischen gemischten Nash Gleichgewichts) muss diese Hypothese *zurückgewiesen* werden. Stattdessen findet man überzufällig viele Entscheidungen für das Spielen des für Gewinner und Neutralen „besseren“ Gleichgewichts. Wenn man einmal, entgegen der Annahme exponentieller Wertfunktionen unterstellt, dass

Tabelle 3.1: Verhältnisse  $r_i$  für Frauen in den asymm. Kombinationen.

	Auswahl	keine Vohersage	Mischen $\tilde{q}_i$ A2 S3 S4	Mischen $\tilde{q}_i^{BOS}$	Mischen $\tilde{q}_i$ A3 S1 S2	Auswahl $\tilde{s}_i$ A4
GV**	11.11	0.48	1.14	4.04	0.80	<b>15.15</b>
NV**	13.37	0.83	0.12	2.97	0.56	<b>26.74</b>
VG**	<b>11.96</b>	0.74	1.11	5.32	0.72	2.66
VN**	<b>10.23</b>	0.82	0.91	6.39	0.75	3.84
	A	—	<b>Z</b>	A	<b>Z</b>	A

Tabelle 3.2: Verhältnisse  $r_i$  für Frauen in der Kombination  $(G, N)$ .

	keine Vothersage 0%	keine Vothersage 1% – 50%	Mischen 51% – 74%	Mischen 75%	Mischen 51% – 74%	keine Vothersage 100%
GN**	3.12	0.50	1.17	10.41	0.69	<b>17.70</b>
NG**	4.75	0.48	0.89	7.13	0.69	<b>27.33</b>
	—	—	<b>Z</b>	A	<b>Z</b>	—

Tabelle 3.3: Verhältnisse  $r_i$  für Frauen in den symm. Kombinationen.

	keine Vohersage	Mischen	Mischen	Mischen
		$\tilde{q}_i$ A1 A3 S1 S3 (A3 A4 S3 S4)	$\tilde{q}_i^{BOS}$	$\tilde{q}_i$ A2 A4 S2 S4 (A1 A2 S1 S2)
GG**	0.94	0.97	<b>5.55</b>	0.97
NN**	1.23	0.48	<b>10.45</b>	0.63
LL**	0.96	0.69	<b>2.77</b>	1.33
	—	<b>Z</b>	<b>A</b>	<b>Z</b>

die Auszahlungswahrnehmung gemäß einer Potenzfunktion mit gleichen Exponenten im Gewinn- und Verlustbereich stattfindet, dann lässt sich einfach verifizieren, dass das Verhalten der Gewinner in der Kombination  $(G, N)$  konsistent mit Aggregation unter A1 wäre. Umgekehrt könnte das Verhalten der Neutralen mit Aggregation unter A4 korrespondieren.

Für das Verhalten der *Frauen* in den *symmetrischen Kombinationen* (vgl. Tabelle 3.3) muss *Mischen* gemäß des *transformierten Nash-Gleichgewichts* sowohl unter einer Segregations- als auch Aggregationsannahme *zurückgewiesen* werden. Vielmehr bestätigt sich hier nochmals, dass der *Anteil rational spielender Frauen nicht unbedeutend* war.

Vor allem in den *asymmetrischen Spielerkombinationen* unterscheidet sich das *Verhalten* der *Männer* extrem von dem der Frauen (siehe Tabelle 3.4).

Die maximalen Verhältniszahlen  $r_I$  sind alle in der Spalte A1 in Verbindung mit Aggregation konzentriert. Damit muss die *Hypothese* des *Wertfunktionsverlaufs* gemäß eines *Medianentscheiders der CPT* in Verbindung mit *sozialer Projektion* und *Risikodominanz* sowohl für *Gewinner*, als auch *Neutrale* und *Verlierer* *angenommen* werden. Transformiertes Mischen kann das reale Verhalten nicht abbilden, d. h. auch hier ergibt sich eine Unterstützung für Gleichgewichtssauswahl unter Risikodominanzaspekten. Einige der Gewinner in der Kombination  $(G, V)$  und einige der neutralen Spieler in  $(N, V)$  ähneln in ihrem Verhalten dem der weiblichen Spieler. Ebenso liegt die *Anzahl rational spielender Männer leicht über* den durch *Zufall* postulierten Häufungen, allerdings nicht so stark wie in der Gruppe der Frauen.

Das Verhalten der *Männer in der Kombination*  $(G, N)$  entspricht dem der

Tabelle 3.4: Verhältnisse  $r_i$  für Männer in den asymm. Kombinationen.

	Auswahl	keine Voherfrage	Mischen	Mischen	Mischen	Auswahl
	$\tilde{s}_i$ A1		$\tilde{q}_i$ A2 S3 S4	$\tilde{q}_i^{BOS}$	$\tilde{q}_i$ A3 S1 S2	$\tilde{s}_i$ A4
GV**	<b>33.40</b>	0.72	0.34	1.63	0.34	13.85
NV**	<b>36.90</b>	0.54	0.51	1.29	0.49	11.65
VG**	<b>48.45</b>	0.35	0.97	2.73	0.17	4.78
VN**	<b>38.31</b>	0.42	0.58	4.88	0.70	6.27
	<b>A</b>	—	<b>Z</b>	A	<b>Z</b>	A

Frauen, wobei die *Aggregationshypothese* A1 unter Annahme einer Potenzfunktion fast *doppelt so viel Unterstützung* erhält, wie bei den weiblichen Versuchspersonen.

In den *symmetrischen Kombinationen* (siehe Tabelle 3.6) korrespondieren überzufällig viele Strategiewahlen der *Neutralen* und *Verlierer* mit *Rationalverhalten*. Allerdings ist die Relation dieser Verhältnisse zwischen Neutralen und Verlierern umgekehrt zu der der Frauen.

## Zusammenfassung

Die Hauptresultate von Experiment 3, einem Battle-Of-The-Sexes Spiel nach vorherigen finanziellen Gewinn-, Verlust- und ohne Erfahrungen, sind die folgenden:

- Das *Verhalten von Männern und Frauen unterschied* sich in wesentlichen Aspekten.
- So unterstützten *weibliche Verlierer* die *Aggregationshypothese* A1 in Verbindung mit dem *Risikodominanzkriterium* und unter der Annahme *sozialer Projektion*, wenn diese auf einen Gegenspieler mit einer anderen Erfahrung trafen. Dies impliziert eine Ergebniswahrnehmung gemäß einer konvexen Wertfunktion im Verlust- und einer konkaven Wertfunktion im Gewinnbereich.
- *Frauen mit Gewinn- oder ohne vorherige Erfahrung* hingegen unterstützten die *Aggregationshypothese* A4 in Verbindung mit dem *Risikodominanzkriterium* und unter der Annahme *sozialer Projektion*, was mit einer konkaven Wertfunktion im Verlust- und einer konvexen Wertfunktion im Gewinnbereich korrespondiert.
- Das Spielverhalten der *Männer* und zwar sowohl für *Gewinn-, Verlust-* als auch *ohne* Erfahrungen bestätigt in asymmetrischen Spielerkombinationen die *Aggregationshypothese* A1 in Verbindung mit dem *Risikodominanzkriterium* und unter der Annahme *sozialer Projektion*.
- *Einige Spieler* verhielten sich *rational* im Sinne des gemischten symmetrischen Nash-Gleichgewichts. Der Anteil der Frauen war dabei größer.
- Die *Randomisierungshypothese* in Verbindung mit Aggregation oder Segregation muss für alle Spielerkombinationen und sowohl für Frauen als auch Männer zurückgewiesen werden.



Tabelle 3.5: Verhältnisse  $r_i$  für Männer in der Kombination  $(G, N)$ .

	keine Vothersage 0%	keine Vothersage 1% – 50%	Mischen 51% – 74%	Mischen 75%	Mischen 51% – 74%	keine Vothersage 100%
GN**	8.75	0.87	0.56	0.00	0.36	<b>26.24</b>
NG**	5.81	0.20	0.36	5.81	0.94	<b>47.96</b>
	—	—	<b>Z</b>	Z	<b>Z</b>	—

Tabelle 3.6: Verhältnisse  $r_i$  für Männer in den symm. Kombinationen.

	keine Vohersage	Mischen $\tilde{q}_i$ A1 A3 S1 S3 (A3 A4 S3 S4)	Mischen $\tilde{q}_i^{BOS}$	Mischen $\tilde{q}_i$ A2 A4 S2 S4 (A1 A2 S1 S2)
GG**	<b>1.61</b>	0.47	0.76	0.22
NN**	1.40	0.22	<b>3.69</b>	0.80
LL**	1.53	0.17	<b>8.03</b>	0.39
	—	<b>Z</b>	A	<b>Z</b>

- Unter der Annahme, dass das Aggregationsmodell richtig ist, haben *die Teilnehmer* des Experiments ihre *eigene Gewinn- oder Verlust- erfahrung und die ihrer Gegenspieler* bei der Strategiewahl *berücksichtigt*.

### 3.6 Experiment 4: Aggregationseffekte in einem Simultanen Markteintrittsspiel

Das hier betrachtete *Simultane Markteintrittsspiel* (ME) geht auf eine allgemeine Klasse von Markteintrittsspielen zurück, die Selten und Güth (1982) erstmalig analysiert haben und welche in der experimentellen Forschung schon unter den verschiedensten Aspekten getestet wurde<sup>61</sup>.

In der in dieser Studie verwendeten Variante hat jeder der drei Spieler<sup>62</sup>  $l \in \{i, j, k\}$  dieselbe Strategiemenge  $S_l = \{0, 1\}$ , wobei „1“ den *Eintritt* und „0“ den *Nicht-Eintritt* in einen Markt mit einer auf zwei Spieler begrenzten Kapazität symbolisiert. Für einen Strategievektor  $s = (s_i, s_j, s_k)$  mit  $s_l \in S_l$  und ein  $z > 0$  ergibt die Auszahlung für den Spieler  $l \in \{i, j, k\}$  gemäß

$$H_l(s) = \begin{cases} z \cdot (2 - m(s)) & \text{für } s_l = 1 \\ 0 & \text{für } s_l = 0. \end{cases} \quad (3.35)$$

<sup>61</sup>Siehe etwa Sundali et al. (1995), Ochs (1998), Rapoport et al. (1998), Erev und Rapoport (1998), Camerer und Lovoalio (1999), Rapoport et al. (2000), Rapoport et al. (2002b) und Duffy und Hopkins (2005).

<sup>62</sup>Die allgemeine Indizierung  $i, j, k$  wird wieder gewählt, um diesen Indices später Spieler mit Gewinn-, Verlust- und ohne Erfahrung zuzuordnen.

Dabei entspricht  $m(s) = s_i + s_j + s_k$  der Anzahl der aktuell in Markt eintretenden Spieler. Damit ist das Spiel

$$ME = \{S_i, S_j, S_k; H_i, H_j, H_k; \{i, j, k\}\} \quad (3.36)$$

vollständig definiert.

Das ME-Spiel verfügt über *drei Gleichgewichte* in reinen Strategien, bei denen jeweils ein Spieler in den Markt eintritt und *drei Gleichgewichte* in reinen Strategien, bei denen jeweils zwei Spieler eintreten. Weiterhin besitzt dieses Spiel ein *Kontinuum an Gleichgewichten* bei denen ein Spieler im Markt ist, einer draußen bleibt und ein Spieler (beliebig im Intervall  $(0, 1)$ ) randomisiert sowie das vollständig gemischte Gleichgewicht  $\tilde{q}^{ME}$ , welches durch die (Markt-) *Eintrittswahrscheinlichkeit*

$$\tilde{q}_l^{ME} = \frac{1}{2} \quad (3.37)$$

für alle  $l \in \{i, j, k\}$  charakterisiert ist.<sup>63</sup>

### 3.6.1 Anwendung des Aggregationsmodells

Die Anwendung des Aggregationsmodells erfolgt wie beim BOS-Spiel (vergleiche vorheriger Abschnitt), d. h. es werden wieder exponentielle Wertfunktionen  $v_l$  gemäß 3.25 und 3.26 unterstellt. Für die subjektive Wahrnehmung des eigenen Payoffs eines Spielers  $l \in \{i, j, k\}$  ergibt sich

$$H_l^l(s) = \begin{cases} v_l(z(2 - m(s)) + e_l) & \text{für } s_l = 1 \\ v_l(e_l) & \text{für } s_l = 0. \end{cases} \quad (3.38)$$

Den Payoff eines anderen Spielers  $m \in \{i, j, k\}$  verarbeitet Spieler  $l$  gemäß:

$$H_m^l(s) = \begin{cases} v_l(z(2 - m(s)) + e_m) & \text{für } s_m = 1 \\ v_l(e_m) & \text{für } s_m = 0. \end{cases} \quad (3.39)$$

Die  $e_l$  sind dabei wieder Gewinn-, Verlust- und neutrale Erfahrungen, d. h.  $l \in \{i, j, k\} \in \{V, N, G\}$ . Damit ist das Spiel

$$ME_l^{PTA} = \{S_i, S_j, S_k; H_i^l, H_j^l, H_k^l; \{i, j, k\}\} \quad (3.40)$$

wieder vollständig definiert. Bei der Beteiligung von Spielern mit neutraler Erfahrung ( $e_N = 0$ ) hat das Spiel  $ME_l^{PTA}$  dieselbe Gleichgewichtsstruktur

---

<sup>63</sup>Siehe auch Duffy und Hopkins (2005).

wie das Ausgangsspiel  $ME$ , wobei das Kontinuum an Gleichgewichten durch das Randomisieren des (der) Neutralen gebildet wird (d. h. es findet wieder ein beliebiges Randomisieren im Intervall  $(0, 1)$  über den Markteintritt statt). Ohne Beteiligung neutraler Spieler hat das Spiel nur die sechs reinen Gleichgewichte mit jeweils einem oder zwei Spielern im Markt und ein vollständig gemischtes Gleichgewicht.<sup>64</sup>

Das in allen Spielerkombinationen vorhandene vollständig gemischte Gleichgewicht kann durch die Gleichgewichtswahrscheinlichkeit  $\tilde{q}_j$  wie folgt charakterisiert werden:

**Theorem 13** *Seien die Erfahrungen mit  $e_V = -z$ ,  $e_N = 0$  und  $e_G = z$  spezifiziert. Dann gilt für die vollständig gemischte Gleichgewichtsstrategie*

$$\tilde{q}_j = \left[ 1 + \sqrt{\frac{u_i(-z)u_k(-z)u_j(z)}{-u_i(z)u_k(z)u_j(-z)}} \right]^{-1}, \quad (3.41)$$

wobei

$$u_l(-z) = v_l(-z + e_m) - v_l(e_m) \quad (3.42)$$

$$u_l(z) = v_l(z + e_m) - v_l(e_m) \quad (3.43)$$

für alle  $l, m \in \{i, j, k\}$  gilt.

**Beweis.** Siehe C6 im Anhang.

### 3.6.2 Verhaltensprognosen

Wie im Abschnitt 3.5.2 werden wieder die möglichen Fälle von Aggregation A1-A4 und Segregation S1-S4 in Verbindung mit den entsprechenden Spielerkombinationen aus der Menge  $C = \{(i, j, k) | i, j, k \in \{G, N, V\}\}$  betrachtet.

Für die *meisten asymmetrischen* Kombinationen hat das korrespondierende  $\varepsilon$ -perturbierte Spiel genau ein Gleichgewicht, welches zudem perfekt ist und folglich ausgewählt wird.<sup>65</sup>

In *allen symmetrischen* Spielerkombinationen (d. h. alle Kombinationen aus

---

<sup>64</sup>Für *Sensitivitätsanalysen* bei Variation der Gewinn- und Verlusterfahrung siehe insbesondere Schröder und Schade (2001), Schröder und Schade (2002a) und Schröder und Schade (2002b).

<sup>65</sup>Vgl. auch Abschnitt 3.4.

$C$  unter S1-S4 und Kombinationen aus  $C$  in denen die Spieler gleiche Erfahrungen gemacht haben und zwar sowohl unter A1-A4 als auch S1-S4) besitzt das  $\varepsilon$ -perturbierte ME-Spiel mehrere (strikte) Gleichgewichte und die Anwendung der *Logarithmischen Tracing Procedure* wird in der Auswahl des vollständig gemischten Gleichgewichts resultieren.

In *einigen asymmetrischen Spielerkombinationen* hängt das Resultat der Auswahl auch von dem Fakt ab, ob *Verlustaversion* (d. h.  $\lambda > \lambda_0$ , so dass  $\lambda_0 \cdot u_l(-z) + u_l(-z) < 0$ ) oder *Verlustfreude* (d. h.  $\lambda < \lambda_0$ , so dass  $\lambda_0 \cdot u_l(-z) + u_l(-z) > 0$ ) vorliegt.<sup>66</sup>

## Auf Perfektheit basierende Verhaltensprognosen

Im Folgenden werden zunächst die auf Perfektheit basierenden Prognosen für verschiedene Kombinationen aus  $C$  in Form von Theoremen präsentiert. Dazu seien zur Vereinfachung *reine Gleichgewichte* wie folgt *definiert*: Für  $l \in \{i, j, k\}$  sei mit  $s^{-l}$  dasjenige *reine Gleichgewicht* bezeichnet, indem die *beiden anderen Spieler*, außer der  $l$ -te, in den Markt *eintreten*. Mit  $s^l$  soll das *Gleichgewicht* bezeichnet werden, in dem *nur der  $l$ -te Spieler* in den Markt *eintritt*. Das *vollständig gemischte Gleichgewicht*  $\tilde{q}$  des Spiels  $ME_l^{PTA}$  wird wieder durch die Eintrittswahrscheinlichkeit  $\tilde{q}_l$  des  $l$ -ten Spielers charakterisiert. Alle Prognosen basieren auf der konkreten Wahl von  $e_V = -z$ ,  $e_N = 0$  und  $e_G = z$ .

**Theorem 14** *Es sei das Aggregationsprinzip A1 gegeben.*

- a) *Für die Kombination  $(V, G, G)$  wird im Spiel  $ME_l^{PTA}$  das reine Gleichgewicht  $s^V$  ausgewählt. Für die Kombination  $(V, V, G)$  wird im Spiel  $ME_l^{PTA}$  das reine Gleichgewicht  $s^{-G}$  ausgewählt.*
- b) *Sei zusätzlich  $\lambda > \lambda_0$ . Dann wird für die Kombination  $(V, N, N)$  das reine Gleichgewicht  $s^V$  und für die Kombination  $(V, V, N)$  das reine Gleichgewicht  $s^{-N}$  ausgewählt. In der Kombination  $(V, G, N)$  wird das Gleichgewicht  $s^V$  ausgewählt.*
- c) *Sei zusätzlich  $\lambda < \lambda_0$ . Dann wird für die Kombination  $(G, N, N)$  das reine Gleichgewicht  $s^{-G}$  und für die Kombination  $(G, G, N)$  das reine*

---

<sup>66</sup>Man könnte hier auch theoretisch den Fall „Verlustneutralität“ einbeziehen. Da dieser aber stets in der Prognose des vollständig gemischten Gleichgewichts resultieren wird, welcher später keine praktische Relevanz besitzt, wird an dieser Stelle darauf verzichtet. Die Differenzierung bezüglich von Verlustaversion und Verlustfreude unterscheidet sich von der Vorgehensweise in Schade, Schröder und Krause (2005b); sie wurde aufgrund der Empfehlung eines anonymen Gutachters vorgenommen.

*Gleichgewicht  $s^N$  ausgewählt. In der Kombination  $(V, G, N)$  wird das Gleichgewicht  $s^{-G}$  ausgewählt.*

**Beweis.** Siehe C.8 in Verbindung mit C.7 im Anhang C.

**Theorem 15** *Es sei das Aggregationsprinzip A2 gegeben und sei zusätzlich  $\lambda > \lambda_0$ . Dann wird für die Kombinationen  $(N, j, k)$  (und  $(N, N, k)$ ) mit  $j, k \in \{G, V\}$  im Spiel  $ME_l^{PTA}$  das reine Gleichgewicht  $s^{-N}$  ( $s^l$  mit  $l \in \{G, V\}$ ) ausgewählt.*

**Beweis.** Siehe C.9 in Verbindung mit C.7 im Anhang C.

**Theorem 16** *Es sei das Aggregationsprinzip A3 gegeben und sei zusätzlich  $\lambda < \lambda_0$ . Dann wird für die Kombinationen  $(N, j, k)$  (und  $(N, N, k)$ ) mit  $j, k \in \{G, V\}$  im Spiel  $ME_l^{PTA}$  das reine Gleichgewicht  $s^N$  ( $s^{-l}$  mit  $l \in \{G, V\}$ ) ausgewählt.*

**Beweis.** Siehe C.10 in Verbindung mit C.7 im Anhang C.

**Theorem 17** *Es sei das Aggregationsprinzip A4 gegeben.*

- a) *Für die Kombination  $(V, G, G)$  wird im Spiel  $ME_l^{PTA}$  das reine Gleichgewicht  $s^{-V}$  ausgewählt. Für die Kombination  $(V, V, G)$  wird im Spiel  $ME_l^{PTA}$  das reine Gleichgewicht  $s^G$  ausgewählt.*
- b) *Sei zusätzlich  $\lambda > \lambda_0$ . Für die Kombination  $(G, N, N)$  wird das reine Gleichgewicht  $s^G$  und für  $(G, G, N)$  wird das reine Gleichgewicht  $s^{-N}$  ausgewählt. Für die Kombination  $(V, N, G)$  wird das reine Gleichgewicht  $s^G$  ausgewählt.*
- c) *Sei zusätzlich  $\lambda < \lambda_0$ . Für die Kombination  $(V, N, N)$  wird das reine Gleichgewicht  $s^{-V}$  und für die Kombination  $(V, V, N)$  wird das reine Gleichgewicht  $s^N$  ausgewählt. Für die Kombination  $(V, N, G)$  wird das reine Gleichgewicht  $s^{-V}$  ausgewählt.*

**Beweis.** Siehe C.11 in Verbindung mit C.7 im Anhang C.

**Interpretation.**<sup>67</sup>

Alle hier betrachteten Spiele besitzen sechs reine Gleichgewichte. Jeweils die drei Gleichgewichte  $(1, 0, 0)$ ,  $(0, 1, 0)$  und  $(0, 0, 1)$ , in denen genau ein Spieler in den Markt eintritt, d. h. dieser spielt „1“, während die beiden anderen die Strategie „0“ spielen. Außerdem sind die drei Strategiekombinationen

<sup>67</sup>Siehe auch die Ausführungen zur *Perfektheit* im Abschnitt 3.3.1.

$(1, 1, 0)$ ,  $(1, 0, 1)$  und  $(0, 1, 1)$  Gleichgewichte.

Dabei soll der Strategievektor  $(1, 0, 0)$  in Verbindung etwa mit der Strategiekombination  $(V, G, G)$  suggerieren, dass der Verlierer in den Markt eintritt, während die Gewinner diesem fern bleiben, d. h. die Reihenfolge im Strategievektor soll der in der jeweiligen Strategiekombination entsprechen.

Wie bei der Interpretation der Vorhersagen im BOS-Spiel erfolgt die Argumentation wieder auf Basis des zum Spiel  $ME_l^{PTA}$  strategisch äquivalenten Spiels mit den Auszahlungsfunktionen (vergleiche 3.38 und 3.39) für den eigenen Payoff eines Spielers  $l \in \{i, j, k\}$ :

$$H_l^l(s) = \begin{cases} v_l(z(2 - m(s)) + e_l) - v_l(e_l) & \text{für } s_l = 1 \\ 0 & \text{für } s_l = 0. \end{cases} \quad (3.44)$$

Den Payoff eines anderen Spielers  $m \in \{i, j, k\}$  verarbeitet Spieler  $l$  jetzt gemäß:

$$H_m^l(s) = \begin{cases} v_l(z(2 - m(s)) + e_m) - v_l(e_m) & \text{für } s_m = 1 \\ 0 & \text{für } s_m = 0. \end{cases} \quad (3.45)$$

Exemplarisch sollen im Folgenden lediglich die Situationen aus a) und b) in Theorem 14 untersucht werden.<sup>68</sup>

**zu a):** Betrachtet man zunächst das Gleichgewicht  $(1, 0, 0)$  für die Kombination  $(V, G, G)$ , dann kann man wie folgt argumentieren, um zu zeigen dass dieses erstens (als einziges) perfekt ist und zweitens, inwiefern die Verhaltensannahme A1 dafür „verantwortlich“ ist.

Nimmt der Verlierer an, dass die beiden Gewinner mit einer kleinen Wahrscheinlichkeit  $\varepsilon$  vom Gleichgewicht  $(1, 0, 0)$  abweichen, dann sieht sich dieser eigentlich mit den gemischten Strategien  $q_G^1 = q_G^2 = (\varepsilon, 1 - \varepsilon)$  konfrontiert. Die Strategie „Markteintritt“ des Verlierers resultiert damit in dem für ihn erwarteten Payoff von

$$\begin{aligned} H_V^V(1, q_G^1, q_G^2) &= \varepsilon^2 H_V^V(1, 1, 1) + (1 - \varepsilon)^2 H_V^V(1, 0, 0) + \dots \\ &\dots + (1 - \varepsilon)\varepsilon [H_V^V(1, 1, 0) + H_V^V(1, 0, 1)]. \end{aligned} \quad (3.46)$$

---

<sup>68</sup>Die Interpretation der verbleibenden Vorhersagen kann analog unter Verwendung der Abschätzungen in den entsprechenden Beweisen erfolgen.

Der erste Summand präsentiert dabei den Verlust des Verlierers, falls alle eintreten und der zweite Summand den Gewinn des Verlierers, falls nur dieser eintritt. Wegen 3.44 sind die letzten beiden Summanden Null (hier sind genau zwei Spieler, d. h. der Verlierer und ein weiterer Gewinner, im Markt). Unter Anwendung von 3.44 bedeutet dies für die erwartete Auszahlung des Verlierers und kleines  $\varepsilon$ :

$$\begin{aligned} H_V^V(1, q_G^1, q_G^2) &= \varepsilon^2[v^{konvex}(-2z) - v^{konvex}(-z)] + \dots \\ &\dots + (1 - \varepsilon)^2[v^{konvex}(0) - v^{konvex}(-z)] > 0. \end{aligned} \quad (3.47)$$

Spielt der Verlierer im Hinblick auf die anderen Gleichgewichte hingegen die Strategie „kein Markteintritt“, dann folgt aus 3.44

$$\begin{aligned} H_V^V(0, q_G^1, q_G^2) &= \varepsilon^2 H_V^V(0, 1, 1) + (1 - \varepsilon)^2 H_V^V(0, 0, 0) + \dots \\ &\dots + (1 - \varepsilon)\varepsilon[H_V^V(0, 1, 0) + H_V^V(0, 0, 1)] = 0, \end{aligned} \quad (3.48)$$

so dass aus Sicht des Verlierers das Gleichgewicht  $(1, 0, 0)$  plausibel ist.

Als nächstes soll das Gleichgewicht  $(1, 0, 0)$  in der Kombination  $(V, G, G)$  aus Sicht des o.B.d.A ersten Gewinners betrachtet werden. Ist dieser mit den gemischten Strategien  $q_V = q_G^2 = (\varepsilon, 1 - \varepsilon)$  konfrontiert, dann gilt:

$$H_V^G(q_V, 0, q_G^2) = 0. \quad (3.49)$$

Dem Gegenüber realisiert der Gewinner im Falle eines Markteintritts eine erwartete Auszahlung von

$$\begin{aligned} H_G^G(g_V, 1, q_G^2) &= (1 - \varepsilon)^2 H_G^G(1, 1, 1) + \varepsilon^2 H_G^G(0, 1, 0) + \dots \\ &\dots + (1 - \varepsilon)\varepsilon[H_G^G(1, 1, 0) + H_G^G(0, 1, 1)]. \end{aligned} \quad (3.50)$$

Für hinreichend kleines  $\varepsilon > 0$  gilt:

$$\begin{aligned} H_G^G(g_V, 1, q_G^2) &= (1 - \varepsilon)^2[v^{konkav}(0) - v^{konkav}(z)] + \dots \\ &\dots + \varepsilon^2[v^{konkav}(2z) - v^{konkav}(z)] < 0. \end{aligned} \quad (3.51)$$

Damit ist auch für den bzw. die Gewinner das Gleichgewicht  $(1, 0, 0)$  plausibel und somit perfekt.

Die Gleichgewichte  $(0, 1, 0)$  und  $(0, 0, 1)$  können aufgrund folgender Überlegung nicht perfekt sein: Der Verlierer hat hier einen (erwarteten) Payoff von Null. Würde dieser aber ebenfalls in den Markt eintreten, ergäbe sich

$$\begin{aligned} H_V^V(1, q_G^1, q_G^2) &= (1 - \varepsilon)\varepsilon[v^{konvex}(-2z) - v^{konvex}(-z)] + \dots \\ &\dots + (1 - \varepsilon)\varepsilon[v^{konvex}(0) - v^{konvex}(-z)] \\ &= (1 - \varepsilon)\varepsilon[v^{konvex}(-2z) - 2v^{konvex}(-z)]. \end{aligned} \quad (3.52)$$



Aufgrund der Konvexität der Wertfunktion unter der Annahme A1 ist dieser Ausdruck aber stets positiv<sup>69</sup>, d. h. *Risikofreude unter der Berücksichtigung einer kleinen aber positiven Störung in der Gleichgewichtswahl* der anderen Spieler würde hier einen *Markteintritt* des Verlierers „induzieren“.

Die Gleichgewichte  $(1, 1, 0)$ ,  $(0, 1, 1)$  und  $(1, 0, 1)$  können aufgrund folgender Überlegung nicht perfekt sein, wie exemplarisch für  $(1, 1, 0)$  und  $(0, 1, 1)$  für den ersten Gewinner gezeigt werden soll: Dieser hat einen erwarteten Payoff von

$$\begin{aligned} H_G^G(q_V, 1, q_G^2) &= (1 - \varepsilon)\varepsilon[v^{\text{konkav}}(0) - v^{\text{konkav}}(z)] + \dots \\ &\dots + (1 - \varepsilon)\varepsilon[v^{\text{konkav}}(2z) - v^{\text{konkav}}(z)] \\ &= (1 - \varepsilon)\varepsilon[v^{\text{konkav}}(2z) - 2v^{\text{konkav}}(z)]. \end{aligned} \quad (3.53)$$

Aufgrund der Konkavität der Wertfunktion unter der Annahme A1 ist dieser Ausdruck aber stets negativ<sup>70</sup>, d. h. *Risikoaversion unter der Berücksichtigung einer kleinen aber positiven Störung in der Gleichgewichtswahl* der anderen Spieler würde hier einen *Marktaustritt* des Gewinners „induzieren“.

In der Spielerkombination  $(V, V, G)$  und das Gleichgewicht  $(1, 1, 0)$  kann ähnlich argumentiert werden. Hier sorgt die Risikofreude der Verlierer unter Berücksichtigung einer kleinen Störung der reinen Gleichgewichtswahl der (jeweils) anderen Spieler wegen

$$\begin{aligned} H_V^V(1, q_V^2, q_G) &= (1 - \varepsilon)\varepsilon[v^{\text{konvex}}(-2z) - v^{\text{konvex}}(-z)] + \dots \\ &\dots + (1 - \varepsilon)\varepsilon[v^{\text{konvex}}(0) - v^{\text{konvex}}(-z)] \\ &= (1 - \varepsilon)\varepsilon[v^{\text{konvex}}(-2z) - 2v^{\text{konvex}}(-z)] > 0 \end{aligned} \quad (3.54)$$

dazu, dass sich ein Markteintritt noch lohnt. Für den Gewinner hingegen lohnt sich ein Markteintritt für  $(1, 1, 0)$  wegen

$$\begin{aligned} H_G^G(q_V^1, q_V^2, 0) &= (1 - \varepsilon)^2[v^{\text{konkav}}(0) - v^{\text{konkav}}(z)] + \dots \\ &\dots + \varepsilon^2[v^{\text{konkav}}(2z) - v^{\text{konkav}}(z)] < 0 \end{aligned} \quad (3.55)$$

nicht.

Die Gleichgewichte  $(0, 0, 1)$ ,  $(1, 0, 0)$  und  $(0, 1, 0)$  sind aufgrund der Konvexität der Wertfunktion der Verlierer (und damit verbundenen Risikofreude)

<sup>69</sup>Für den exakten Beweis siehe Anhang.

<sup>70</sup>Für den exakten Beweis siehe wieder im Anhang.

und unter Berücksichtigung einer kleinen Störung der reinen Gleichgewichtswahl der beiden anderen Spieler nicht stabil. Hier wird wieder ein Markteintritt des jeweils „0“-spielenden Verlierers induziert.

Dem Gegenüber führt die konkave Wertfunktion (und damit verbundene Risikoaversion) und die Berücksichtigung einer kleinen Störung der reinen Gleichgewichtswahl der beiden anderen Spieler dazu, dass in  $(1, 0, 1)$  und  $(0, 1, 1)$  ein Marktaustritt des Gewinners hervorgerufen wird.

**zu b):** Ist die Auszahlungswahrnehmung der Neutralen in den Spielerkombinationen  $(V, N, N)$  durch Verlustaversion geprägt, dann realisieren diese bei einer kleinen Störung mit Wahrscheinlichkeit  $\varepsilon > 0$  im Falle der Strategiekombinationen  $(1, 0, 0)$  wegen

$$H_N^N(q_V^1, q_N^2, 0) = (1 - \varepsilon)\varepsilon[\lambda v_N(-z) + v_N(z)] < 0 \quad (3.56)$$

bereits eine negative Auszahlungserwartung, wobei für den eintretenden Verlierer Abschätzung 3.47 gilt. Damit ist das Gleichgewicht  $(1, 0, 0)$  sowohl für den Verlierer als auch für die Neutralen plausibel und somit perfekt. Gleichzeitig müssen die Strategievektoren  $(0, 1, 0)$ ,  $(0, 0, 1)$  und  $(1, 1, 0)$ ,  $(0, 1, 1)$ ,  $(1, 0, 1)$  als Lösung ausgeschlossen werden.

In der Kombination  $(V, V, N)$  gilt für Verlierer die Relation in 3.54, d. h. deren erwarteter Payoff ist positiv. Ein neutraler Spieler mit Verlustaversion hingegen erwartet für hinreichend kleines  $\varepsilon > 0$  wegen

$$H_N^N(q_V^1, q_N^2, 0) = (1 - \varepsilon)^2 \lambda v_N(-z) + \varepsilon v_N(z) < 0 \quad (3.57)$$

stets eine negative Auszahlung. Damit ist hier das Gleichgewicht  $(1, 1, 0)$  als einziges perfekt.

Die Verlustaversion der neutralen Spieler und deren Berücksichtigung einer kleinen Unsicherheit über die reine Strategiewahl der risikofreudigen Verlierer in einem Gleichgewicht implizieren also Zurückhaltung im Hinblick auf den Markteintritt.

Verlierer hingegen sollten aufgrund „ihrer“ konvexen (Risikofreude repräsentierenden) Wertfunktion und unter Berücksichtigung des unsicheren Gleichgewichtsspiels der Neutralen in den Markt eintreten.

## Auf Risikodominanz basierende Verhaltensprognosen

Zunächst sollen alle symmetrischen Spielerkombinationen betrachtet werden. In diesen stellt „Mischen“ die eindeutige Vorhersage einer Auswahltheorie dar. Diese Vorhersage basiert dabei insofern auf Risikodominanz, als dass in den betrachteten  $\varepsilon$ -perturbierten Spielen jeweils multiple perfekte Gleichgewichte vorhanden sind, von denen aber keines das andere risikodominiert.

**Theorem 18** *Symmetrische Kombinationen.*

- a) Für alle Spielerkombinationen  $(i, j, k)$  mit  $i, j, k \in \{G, N, V\}$  in Verbindung mit den Segregationsprinzipien S1 - S4 und für die Spielerkombinationen  $(G, G, G)$ ,  $(N, N, N)$ ,  $(V, V, V)$  in Verbindung mit allen Segregations- und Aggregationsprinzipien S1-...-A4 wird das vollständig gemischte Gleichgewicht  $\tilde{q}$  ausgewählt mit

$$\tilde{q}_l = \left[ 1 + \sqrt{\frac{u_l(-z)}{-u_l(z)}} \right]^{-1} \quad (3.58)$$

- b) Insbesondere wird für den Fall  $u_l(z) = z$  die Gleichgewichtswahrscheinlichkeit  $\tilde{q}_l = \frac{1}{2}$  ausgewählt.

**Beweis.** Siehe C.12 in Verbindung mit C.7 im Anhang C.

**Interpretation.** In Abhängigkeit der Wertfunktionsverläufe der Gewinner und Verlierer bei Aggregation sind entweder solche Gleichgewichte perfekt, bei denen genau ein Spieler in den Markt eintritt oder genau zwei Spieler diese Strategie wählen. Bei Neutralen (oder Gewinnern und Verlierern unter der Annahme von Segregation) sind bei Verlustaversion erstere und bei Verlustfreude letztere perfekt.

Damit besteht Unklarheit darüber, welcher (welche beiden) der drei Spieler jeweils den Markteintritt anstrebt (anstreben) und welche (welcher) nicht. In diesem Fall ist es plausibel, dass die Spieler (ohne weitere Informationen) über den Markteintritt zufällig (in Abhängigkeit ihrer Auszahlungen) entscheiden, d. h. *randomisieren*.

Die Analyse der verbleibenden *asymmetrischen Spielerkombinationen* unter den verschiedenen Verhaltensannahmen und für Verlustaversion oder für Verlustfreude stellt bei der Anwendung einer Gleichgewichtsauswahltheorie eine nicht unbedeutende Herausforderung dar. Dazu betrachte man zunächst

$$L_1 := \{(1, 0, 0), (0, 1, 0), (0, 0, 1)\}, \quad (3.59)$$

die Menge der reinen Gleichgewichte mit jeweils *einem* Markteintritt und entsprechend

$$L_2 := \{(1, 1, 0), (1, 0, 1), (0, 1, 1)\}, \quad (3.60)$$

die Menge der reinen Gleichgewichte mit jeweils *zwei* Markteintritten.

**Theorem 19** *Die Menge perfekter Gleichgewichte besteht...*

- a) *...unter A1 und Kombinationen  $(G, N, N)$ ,  $(G, G, N)$  in Verbindung mit Verlustaversion; unter A3 und Kombinationen  $(V, G, G)$ ,  $(V, V, G)$  und alle anderen Kombinationen in Verbindung mit Verlustaversion; unter A4 und Kombinationen  $(V, N, N)$ ,  $(V, V, N)$  in Verbindung mit Verlustaversion aus  $L_1$ .*
- b) *...unter A1 und Kombinationen  $(V, N, N)$ ,  $(V, V, N)$  in Verbindung mit Verlustfreude; unter A2 und Kombinationen  $(V, G, G)$ ,  $(V, V, G)$  und alle anderen Kombinationen in Verbindung mit Verlustfreude; unter A4 und Kombinationen  $(G, N, N)$ ,  $(G, G, N)$  in Verbindung mit Verlustfreude aus  $L_2$ .*
- c) *...in der Spielerkombination  $(V, G, N)$  unter A2 mit Verlustfreude aus  $L_2$  und unter A3 mit Verlustaversion aus  $L_1$ .*

**Beweis.** Siehe C.13 in Verbindung mit C.7 im Anhang C.

Das *Problem* für die in Theorem 19 betrachteten Situationen besteht also darin, dass es *multiple perfekte Gleichgewichte* gibt und somit das Perfektheitskonzept allein nicht als Auswahlkriterium zur Anwendung kommen kann.

Sind Überlegungen bezüglich von Auszahlungsdominanz, wie in dieser Spielklasse, nicht relevant oder im Allgemeinen nicht von Interesse, dann müssen diese Gleichgewichte bezüglich ihrer Risikodominanzbeziehung untersucht werden.<sup>71</sup>

Gemäß der Auswahltheorie von Harsanyi und Selten (1988) können Risikodominanzbeziehungen mit Hilfe der *Logarithmischen Tracing Procedure* analysiert werden, zumindest theoretisch. In einem Spiel mit mehr als zwei Spielern bedingt dies allerdings die *Lösung multidimensionaler, nicht linearer Gleichungssysteme* und ist insbesondere unter den allgemeinen Annahmen über die Auszahlungstransformationen *unmöglich*.

---

<sup>71</sup>Moderne Auswahltheorien bevorzugen Risikodominanz- gegenüber Auszahlungsdominanzkriterien.

Allerdings sichert Theorem 4.13.1 in Harsanyi und Selten (1988), S. 167-168, die *Existenz*, bedeutender aber, sichert es die *Eindeutigkeit* der Auswahl eines nicht risikodominierten Gleichgewichts, wenn man die *Logarithmische Tracing Procedure* anwendet.

Aus der Eindeutigkeit der Gleichgewichtsauswahl folgt unter Berücksichtigung der Spielertypen<sup>72</sup> für a) und b) aus Theorem 19, dass

1. In Kombinationen  $(i, j, j)$  mit  $i, j \in \{G, N, V\}$  mit Lösungskandidaten aus  $L_1$  nur das reine Gleichgewicht  $(1, 0, 0)$  ODER das Gleichgewicht  $\tilde{q}$  in vollständig gemischten Strategien in Frage kommt.
2. In Kombinationen  $(i, j, j)$  mit  $i, j \in \{G, N, V\}$  mit Lösungskandidaten aus  $L_2$  nur das reine Gleichgewicht  $(0, 1, 1)$  ODER das Gleichgewicht  $\tilde{q}$  in vollständig gemischten Strategien zur Disposition steht.

Ob jeweils ein reines perfektes Gleichgewicht oder das in vollständig gemischten Strategien ausgewählt wird, hängt dabei von konkreten Verläufen der Wertfunktionen und dem Ausmaß an Verlustaversion bzw. Verlustfreude (d. h. von einer konkreten Parameterwahl) ab.<sup>73</sup> Diese sind in dieser Studie aber von „allgemeiner Natur“, so dass man lediglich *Ausschlusskriterien*<sup>74</sup> ableiten kann.

Dazu betrachte man jeweils korrespondierende Spielerkombinationen  $(i, j, j)$  und  $(i, i, j)$  mit  $i, j \in \{G, N, V\}$ . Aus Theorem 19 folgt, dass die Menge an perfekten reinen Gleichgewichten *entweder beide* aus  $L_1$  *oder beide* aus  $L_2$  bestehen. Dies hat folgende Konsequenz:

**Korollar 4** Sei  $i \neq j \in \{G, N, V\}$ .

<sup>72</sup>Damit ist eine eindeutige Zuordnung der Spielerindices gemeint.

<sup>73</sup>Man könnte hier beispielsweise für die Kombination  $(G, G, N)$  den Verlustaversionsparameter  $\lambda$  so vorgeben, dass die *Lineare Tracing Procedure* (Harsanyi und Selten, 1988, S.141) ersatzweise angewendet werden kann: Gegen den *Prior* mit Wahrscheinlichkeit 0.5 antworten alle Spieler mit  $\varepsilon$ . Ist  $\lambda$  nun so gewählt, dass der Neutrale als erster, etwa für ein  $t_0$  auf „1 –  $\varepsilon$ “ wechselt, wäre die *Lineare Tracing Procedure* „well-defined“ und deren Resultat, hier  $(0, 0, 1)$ , fiel mit der Lösung der *Logarithmischen* zusammen (Harsanyi und Selten, 1988, Theorem 4.13.4, S.175). Allerdings hätte dies für die Kombination  $(G, N, N)$  zur Konsequenz, dass in  $t_0$  ein *Destabilisierungspunkt* erzeugt würde, so dass die *Lineare Tracing Procedure* hier nicht (eindeutig) definiert wäre (Harsanyi und Selten, 1988, Abschnitt 4.18).

<sup>74</sup>Bezüglich späterer empirischer Analysen.

- Sei  $L_1$  Kandidatenmenge. Neben  $\tilde{q}$  ist das reine Gleichgewicht  $(1, 0, 0)$  für die Kombinationen  $(i, j, j)$  und das reine Gleichgewicht  $(0, 0, 1)$  für  $(i, i, j)$  einziger weiterer Lösungskandidat.
- Sei  $L_2$  Kandidatenmenge. Neben  $\tilde{q}$  ist das reine Gleichgewicht  $(0, 1, 1)$  für die Kombinationen  $(i, j, j)$  und das reine Gleichgewicht  $(1, 1, 0)$  für  $(i, i, j)$  einziger weiterer Lösungskandidat.

Korrolar 4 bedeutet also etwa für den ersten Fall in Theorem 19, dass, falls Gewinner gemäß des Risikodominanzkriteriums in  $(G, N, N)$  die Strategie „1“ spielen, diese in der Kombination  $(G, G, N)$  entweder randomisieren oder „0“ wählen, sich keinesfalls aber auch für die Strategie „1“ entscheiden.

Falls Neutrale in Folge von Risikodominanz in  $(G, N, N)$  in den Markt eintreten, müssen diese dann in  $(G, G, N)$  entweder randomisieren oder „Nichteintritt“ präferieren.

## Zusammenfassung der Verhaltensprognosen

Wie in der Studie zum BOS-Spiel kann man für das *gemischte Gleichgewicht* gemäß 3.41 wieder *Prognoseintervalle*  $(l_{\min}, l_{\max})$  durch *Grenzwertbetrachtung* mit

$$l_{\min} = \min\{\lim_{\alpha \rightarrow 0} f(\alpha), \lim_{\alpha \rightarrow \infty} f(\alpha)\}$$

und

$$l_{\max} = \max\{\lim_{\alpha \rightarrow 0} f(\alpha), \lim_{\alpha \rightarrow \infty} f(\alpha)\}$$

berechnen. Auf die detaillierte Vorgehensweise soll an dieser Stelle verzichtet werden<sup>75</sup>, da derartige Prognosen in offenen Teilintervallen des Einheitsintervalles mit Streuung um die „normative“ Gleichgewichtsprognose von  $\frac{1}{2}$  münden. Diese liefern bei den später dargestellten Analysen keinen Erklärungsbeitrag. Daher wird „Mischen“ in symmetrischen Kombinationen und für asymmetrische Kombinationen in der Prognosetabelle 3.7 mit  $\tilde{q}$  identifiziert.

Die Prognosen für das Spiel  $ME_t^{PTA}$  bei Aggregation und Anwendung der Auswahltheorie sind jetzt in Tabelle 3.7 zusammen gefasst. Dabei bedeutet der Vektor  $(1, 0, 0)$  für die Kombination  $VGG := (V, G, G)$ , dass der Verlierer eintritt und die Gewinner nicht in den Markt eintreten. Entsprechend  $(1, 1, 0)$  für die Kombination  $VVG := (V, V, G)$ , dass nur der Gewinner nicht in den

<sup>75</sup>Diese findet man in Schade, Schröder und Krause (2005b).

Markt eintritt. Der Index „A“ identifiziert *Verlustaversion* und „F“ *Verlustfreude*.

Die Fälle, in welchen sowohl das vollständig gemischte Gleichgewicht  $\tilde{q}$  als auch ein reines Gleichgewicht potentielle Lösungskandidaten sind, werden mit  $L(1, \tilde{q})$  bzw.  $L(2, \tilde{q})$  angegeben. Dabei symbolisiert die „1“, dass ein reines Gleichgewicht mit genau einem und die „2“, dass ein reines Gleichgewicht mit genau zwei Markteintritten relevant ist. Für eine gegebene Spielerkombination  $(i, j, j)$  mit  $i \neq j \in \{G, N, V\}$  bedeutet  $L(1, \tilde{q})$  also, dass entweder randomisiert werden soll oder der  $i$ -te Spieler in den Markt eintritt; entsprechend bedeutet  $L(2, \tilde{q})$ , dass entweder randomisiert werden soll oder die beiden  $j$ -ten Spieler in den Markt eintreten müssen.

### 3.6.3 Experimentelles Design und Durchführung

Auch dieses anreizkompatible, computergestützte<sup>76</sup> Laborexperiment<sup>77</sup> wurde an der Humboldt-Universität zu Berlin mit 117 Probanden durchgeführt. Jeder Proband erhielt vor Beginn des eigentlichen Experiments einen „Show-up-fee“ von 14 Euro<sup>78</sup>. Die meisten Probanden waren Studenten der Wirtschaftswissenschaften. Insgesamt fanden 13 Sitzungen (in einem Experimentallabor der HU zu Berlin) mit jeweils 9 Teilnehmern statt.

Jeweils drei der 9 Teilnehmer machten nach einer entsprechenden Einweisung mit Sicherstellung der „common-knowledge-Bedingung“ zu Beginn des Experiments eine Gewinnerfahrung von 6 Euro, jeweils drei eine Verlusterfahrung von 6 Euro und drei machten keine vorherige Erfahrung. Dabei wurde wieder die Zufallsziehung mit Hilfe der Bingotrommel wie in Experiment 1 und 3 angewendet.

Die Probanden wurden dann darüber informiert, dass diese nun verschiedenen ME-Spiele gegen zufällig vom Computer ausgewählte Gegenspieler spielen würden und lediglich über die Gewinn- oder Verlusterfahrung, nicht aber die Personen als solche informiert werden würden. Um sicherzustellen, dass jede Spielerkombination mindestens einmal gespielt wurde, mussten so wieder multiple Runden realisiert werden. Um das Ausmaß möglicher Lerneffekte

---

<sup>76</sup>Die Implementierung erfolgte dabei unter Verwendung der Experimentalsoftware Z-Tree, siehe Fischbacher (2001).

<sup>77</sup>Eine Dokumentation der entsprechenden Bildschirmausgaben kann beim Autor angefordert werden.

<sup>78</sup>Das Geld musste dabei wieder von den Probanden sofort privat verwahrt werden, um eine mögliche Beeinflussung des Verhaltens im Experiment zu minimieren.

Tabelle 3.7: Prognosen für das ME-Spiel in den asymm. Kombinationen.

	$VGG$	$VVG$	$VNN$	$VVN$	$VGN$	$GNN$	$GCN$
A1	$(1,0,0)$	$(1,1,0)$	$(1,0,0)^A$	$(1,1,0)^A$	$(1,0,0)^A$	$L(1,\tilde{q})^A$	$L(1,\tilde{q})^A$
			$L(2,\tilde{q})^F$	$L(2,\tilde{q})^F$	$(1,0,1)^F$	$(0,1,1)^F$	$(0,0,1)^F$
A2	$L(2,\tilde{q})$	$L(2,\tilde{q})$	$(1,0,0)^A$	$(1,1,0)^A$	$(1,1,0)^A$	$(1,0,0)^A$	$(1,1,0)^A$
			$L(2,\tilde{q})^F$	$L(2,\tilde{q})^F$	$L(2,\tilde{q})^F$	$L(2,\tilde{q})^F$	$L(2,\tilde{q})^F$
A3	$L(1,\tilde{q})$	$(1,\tilde{q})$	$L(1,\tilde{q})^A$	$L(1,\tilde{q})^A$	$L(1,\tilde{q})^A$	$L(1,\tilde{q})^A$	$L(1,\tilde{q})^A$
			$(0,1,1)^F$	$(0,0,1)^F$	$(0,0,1)^F$	$(0,1,1)^F$	$(0,0,1)^F$
A4	$(0,1,1)$	$(0,0,1)$	$L(1,\tilde{q})^A$	$L(1,\tilde{q})^A$	$(0,1,0)^A$	$(1,0,0)^A$	$(1,1,0)^A$
			$(0,1,1)^F$	$(0,0,1)^F$	$(0,1,1)^F$	$L(2,\tilde{q})^F$	$L(2,\tilde{q})^F$



zu minimieren, erhielten die Probanden während des Experiments keinerlei Information über das Ergebnis oder die Strategiewahl des Gegenspielers. Stattdessen wurde (zur Sicherstellung der Anreizkompatibilität) den Probanden mitgeteilt, dass am Ende des Experiments genau ein Spiel zufällig vom Computer ausgewählt werden würde, das in seinem Ergebnis dann auszahlungsrelevant für die Beteiligten werden würde.

Nach derselben Weise wie im BOS-Spiel wurden die Probanden nach „gemischten“ Strategien gefragt. Am Ende des Experiments wurden dann noch einige statistische Fragen z. B. bezüglich des Geschlechts, des Alters usw. gestellt. Jeder der 117 Teilnehmer spielte insgesamt 29 Runden, so dass insgesamt 1131 Spiele mit 3393 Entscheidungen erfasst wurden.

### 3.6.4 Resultate

Zunächst werden in diesem Abschnitt wieder Balkendiagramme präsentiert, die Auskunft über den Anteil der Strategiewahlen in 5%-Schritten (bzw. 10%-Schritte in den symmetrischen Kombinationen)<sup>79</sup> im Intervall mit den Grenzen 0% (entspricht der reinen Strategie „kein Markteintritt“) und 100% (entspricht der reinen Strategie „Markteintritt“) geben.

*Männliche Gewinner* (vgl. Abbildung 3.12) zeigen eine starke Tendenz, nicht in den Markt einzutreten (38% in der Situation G-VV, 29% in G-NV, 31% in G-GV, 26% in G-NG und 39% in G-NN). Dieses Verhalten korrespondiert in Kombinationen mit Verlierern mit der Auswahl des perfekten Gleichgewichts unter der Verhaltensannahme A1 (siehe Prognosetabelle 3.7).

Interessanterweise zeigt sich die Tendenz für Nichteintritt mit 37% auch sehr stark in der *symmetrischen Situation* G-GG. Hier ist der Anteil für den Markteintritt mit 32% sehr hoch. Würde man hier alternativ lediglich Mittelwerte betrachten, käme eine Streuung um das symmetrisch gemischte Nash-Gleichgewicht von 50% mit leichter Tendenz in Richtung 0% zustande, was als „Spielen gemäß des transformierten gemischten Gleichgewichts“ interpretiert werden könnte (siehe hierzu 3.58 im Abschnitt 3.6.2).<sup>80</sup>

---

<sup>79</sup>Vergleiche Abschnitt 3.5.4.

<sup>80</sup>Man kann zeigen, dass Grenzwertberachtungen gemäß 3.41 in Theorem 13 in Verbindung mit 3.25 und 3.26 für  $\alpha \rightarrow 0$  und  $\alpha \rightarrow \infty$  sowohl unter der *Segregationsannahme*, als auch der *Aggregationsannahme* dieselben Prognoseintervalle implizieren und zwar für alle möglichen Spielerkombinationen, siehe hierzu Schade, Schröder und Krause (2005b). Daher soll auf eine detailliertere Analyse an dieser Stelle verzichtet werden.

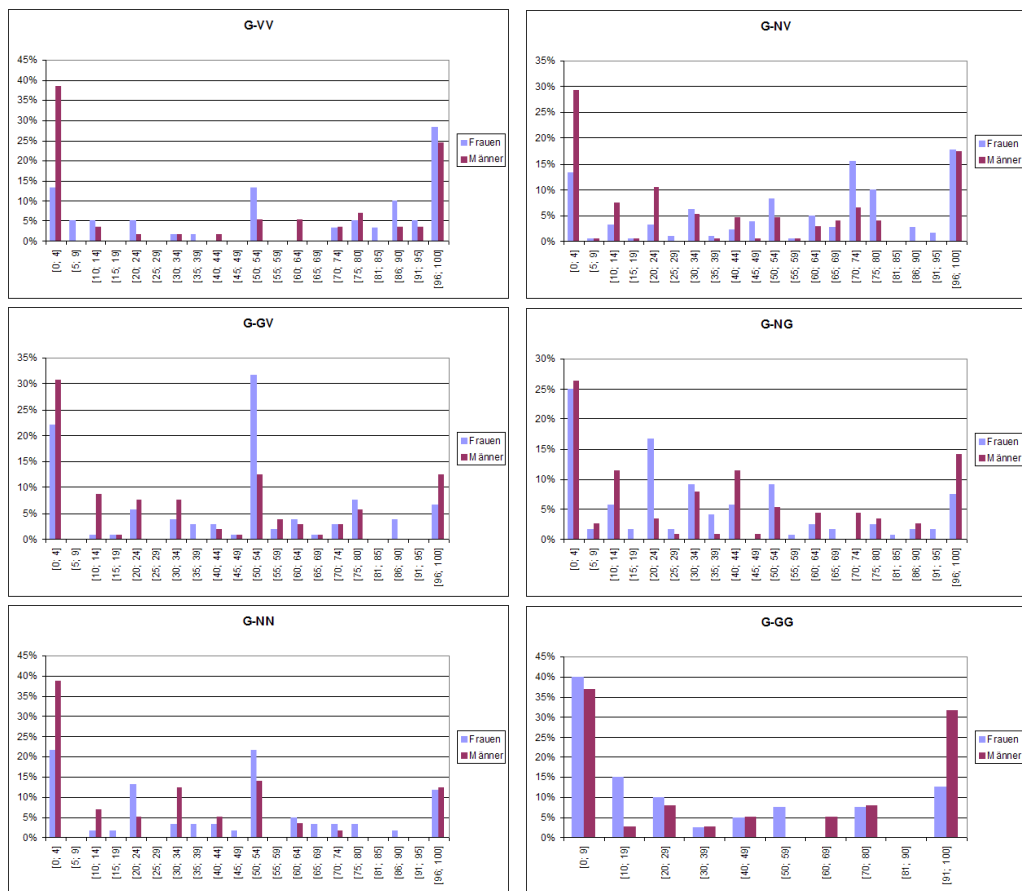


Abbildung 3.12: Strategiewahlen der Gewinner.

In den *asymmetrischen Situationen* zeigen *weibliche Gewinner* eher umgekehrte Tendenzen, d. h. diese präferieren die Strategie „Markteintritt“ (etwa mit 29% in G-VV, 17% in G-NV und 14% in G-NG). Insbesondere in der Situation G-GV ist die Tendenz, das symmetrisch gemischte Nash-Gleichgewicht zu spielen, mit 32% sehr hoch und in der symmetrischen Spielerkombination korrespondieren 40% der Entscheidungen mit der Strategie „kein Markteintritt“.

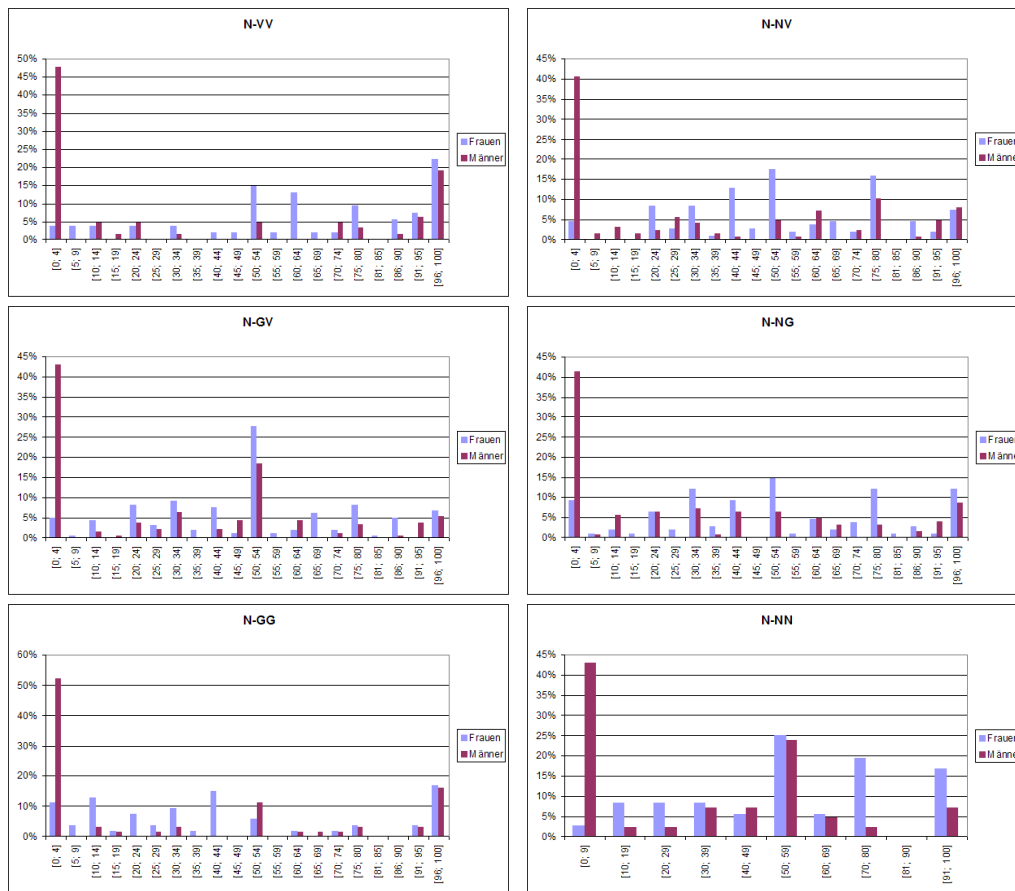


Abbildung 3.13: Strategiewahlen der Neutralen.

Das Verhalten der *männlichen Spieler ohne Gewinn- oder Verlusterfahrung* ist für alle Kombinationen mit über 40% in jeder Kombination durch die Strategie „kein Markteintritt“ determiniert (siehe Abbildung 3.13). In *Kombinationen mit Verlierern* korrespondiert dies mit A1 und in *Kombinationen mit Gewinnern* mit A4 und für beide Verhaltensannahmen mit einer ausgeprägten Risikoaversion (vgl. Tabelle 3.7). Unter der Annahme von Ver-

lustaversion müsste in der symmetrischen Situation N-NN im Mittel eine gemischte Strategiewahl zwischen 0% und 50% erwartet werden, wie man durch eine Grenzwertbetrachtung gemäß 3.58 (siehe Abschnitt 3.6.2) nachrechnen kann.<sup>81</sup> Dies scheint sich auch tendenziell zu bestätigen.

*Reine Strategiewahlen* sind bei *Frauen* hingegen nur *in geringem Maße* ausgeprägt. Diese bevorzugen ein „echtes“ Mischen mit einer Tendenz für das symmetrisch gemischte Nash-Gleichgewicht (siehe etwa Situation N-GV).

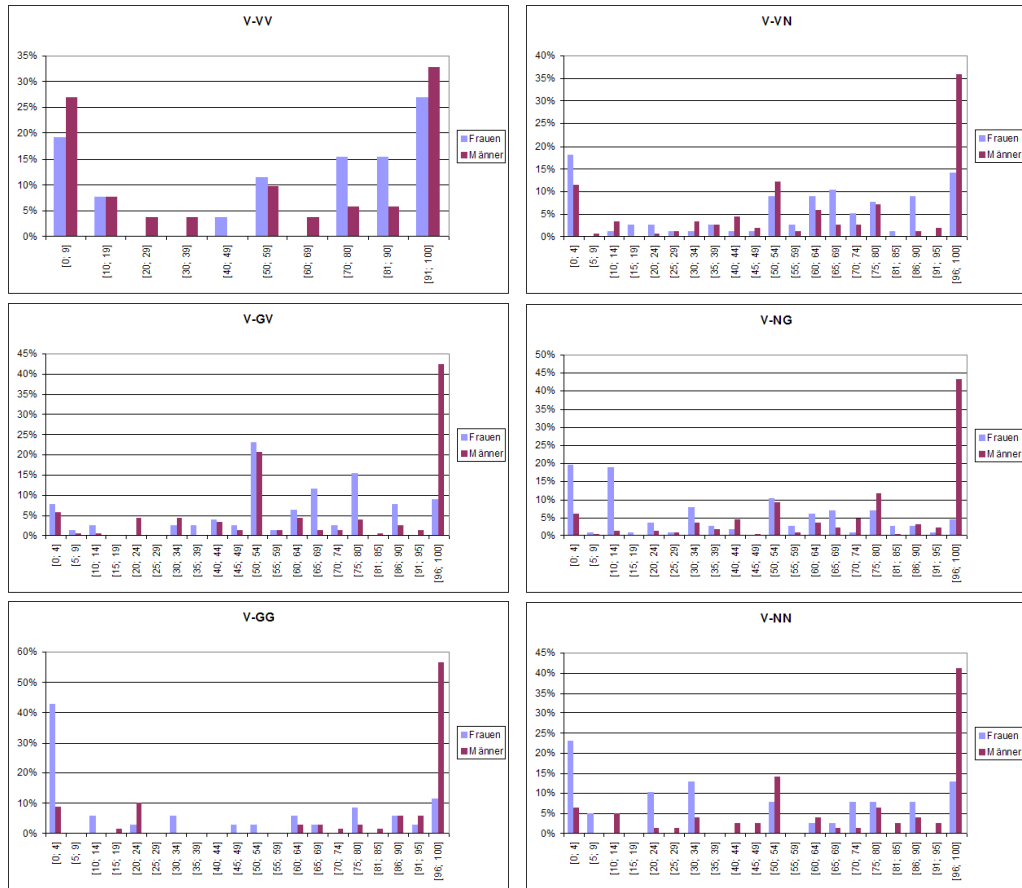


Abbildung 3.14: Strategiewahlen der Verlierer.

Betrachtet man das Verhalten der *weiblichen und männlichen Spieler mit Verlusterfahrung* (siehe Abbildung 3.14), dann unterscheidet sich dies nicht in besonderem Ausmaß: Man erkennt starke Tendenzen sowohl für reine Stra-

<sup>81</sup>Für alle  $\lambda > 1$  ist  $\tilde{q}_N = \left[1 + \sqrt{\frac{u_N(-z)}{-u_N(z)}}\right]^{-1} = \left[1 + \sqrt{\frac{\lambda v_N(-z)}{-v_N(z)}}\right]^{-1} < \frac{1}{2}$ .

tegewahlen mit 0% und 100% als auch für Mischen im Intervall mit den Grenzen 50% und 100%. Bei einer Interpretation der Mittelwerte würde dies mit einer Grenzwertbetrachtung gemäß 3.58 (siehe Abschnitt 3.6.2) für das transformierte Nash-Gleichgewicht unter A1 (A2) und S1 (S2) korrespondieren<sup>82</sup>.

*Männliche Verlierer* unterstützen unter der Annahme der Präsenz von Verlustaversion in höchstem Maße die Verhaltensannahme A1 in Verbindung mit Perfektheit (36% in V-VN, 43% in V-GV, 44% in V-NG, 57% in V-GG und 41% in V-NN). Auch zeigen sich leichte Tendenzen für das Spielen des gemischten Nash-Gleichgewichts.

*Frauen* offenbaren (wiederum) eher umgekehrte Tendenzen (etwa 18% für Nichteintritt in V-VN, 20% in V-NG, 42% in V-GG, 23% in V-NN). Insbesondere in V-GV wird auch die normative Prognose mit 23% bestätigt.

Die Annahme oder Zurückweisung von Hypothesen (Verhaltensprognosen) soll wie bei der Datenanalyse des BOS-Spiels wieder auf dem Maß  $r_I$  (Verhältnis zwischen der beobachteten und der erwarteten Anzahl von Strategiewahlen) in Verbindung mit den entsprechenden  $\chi^2$ -Verteilungstests erfolgen. Die entsprechenden Resultate sind in Tabellen 3.8 bis 3.11 dargestellt. Die Ergebnisse beziehen sich wieder auf die Sicht des ersten Spielers. Mit „\*\*“ gekennzeichnete Kombinationen sind dabei *hoch signifikant* (d. h. mit einem  $p\text{-level} < 0.01$ ), die mit „\*“ gekennzeichneten Kombinationen sind *signifikant* ( $p < 0.05$ ) und für die mit „-“ gekennzeichneten Kombinationen konnte *kein Test* durchgeführt werden, da die minimale Anzahl von Fällen in mindestens einem der Intervalle unterschritten war<sup>83</sup>. Fett gedruckte Maßzahlen identifizieren wieder das Zeilenmaximum. Die Analyse wird auch hier wieder für Frauen und Männer getrennt vorgenommen.

Betrachtet man alle Tabellen bezüglich des *Randomisierungsverhaltens gemäß des transformierten gemischten Nash-Gleichgewichts*  $\tilde{q}$ , dann ist festzustellen, dass jegliche mit „Mischen“ korrespondierende, auf Aggregation oder Segregation basierende Hypothese, *zurückzuweisen* ist: Die Verhältnisse  $r_i$  für die Intervalle [1%, 49%] und [51%, 99%] suggerieren eine überzufällig seltene Wahl einer entsprechenden Gleichgewichtsstrategie  $\tilde{q}_i$ .

---

<sup>82</sup>Für eine genaue Ableitung siehe auch hierzu Schade, Schröder und Krause (2005b).

<sup>83</sup>Dies ist natürlich erst recht ein Indiz dafür, dass die Nullhypothese einer durch Gleichverteilung induzierten Messreihe zurückzuweisen ist.

Tabelle 3.8: Verhältnisse  $r_i$  für Frauen in den asymm. Kombinationen.

	Auswahl $\tilde{s}_i$	Mischen 1%	Mischen $\tilde{q}_i^{ME}$	Mischen 51%	Auswahl $\tilde{s}_i$
	0%	- 49%		- 99%	100%
GVV**	13.86	0.38	13.86	0.53	<b>33.67</b>
GNV**	13.20	0.48	7.92	0.77	<b>19.80</b>
GGV**	24.97	0.40	<b>28.37</b>	0.46	6.81
GNG**	<b>27.73</b>	1.00	6.93	0.20	6.93
GNN	<b>21.78</b>	0.65	17.82	0.36	11.88
NVV**	4.81	0.38	<b>19.24</b>	0.93	16.83
NNV**	6.01	0.74	<b>19.24</b>	0.64	8.42
NGV**	6.41	0.74	<b>28.86</b>	0.43	8.02
NNG	9.62	0.78	<b>15.63</b>	0.52	14.43
NGG**	9.62	1.14	4.81	0.20	<b>19.24</b>
VNV**	<b>13.47</b>	0.32	8.42	1.03	8.42
VGV**	0.00	0.32	<b>28.62</b>	1.03	3.37
VNG**	11.22	0.78	<b>13.47</b>	0.62	2.24
VGG**	<b>29.93</b>	0.47	3.74	0.69	3.74
VNN**	<b>16.83</b>	0.58	10.10	0.69	6.73
	siehe Text	<b>Z</b>	A	<b>Z</b>	siehe Text

Tabelle 3.9: Verhältnisse  $r_i$  für Frauen in den symm. Kombinationen.

	Auswahl $\tilde{s}_i$	Mischen 1%	Mischen $\tilde{q}_i^{ME}$	Mischen 51%	Auswahl $\tilde{s}_i$
	0%	- 49%		- 99%	100%
GGG**	<b>38.62</b>	0.82	5.94	0.18	14.85
NNN	3.61	0.63	<b>28.86</b>	0.52	14.43
VVV-	10.10	0.32	10.10	0.93	<b>15.15</b>
	siehe Text	<b>Z</b>	A	<b>Z</b>	siehe Text

Tabelle 3.10: Verhältnisse  $r_i$  für Männer in den asymm. Kombinationen.

	Auswahl $\tilde{s}_i$ 0%	Mischen 1% - 49%	Mischen $\tilde{q}_i^{ME}$	Mischen 51% - 99%	Auswahl $\tilde{s}_i$ 100%
GVV**	<b>39.98</b>	0.18	0.00	0.56	23.15
GNV**	<b>28.76</b>	0.63	5.61	0.46	14.03
GGV**	<b>30.64</b>	0.58	14.75	0.39	9.08
GNG*	<b>25.25</b>	0.81	6.31	0.37	10.52
GNN**	<b>37.88</b>	0.61	16.83	0.13	10.52
NVV**	<b>37.63</b>	0.42	5.94	0.40	17.82
NNV**	<b>32.68</b>	0.52	5.94	0.55	9.90
NGV**	<b>41.58</b>	0.52	14.52	0.26	5.94
NNG**	<b>33.67</b>	0.65	7.92	0.24	10.89
NGG**	<b>13.86</b>	0.29	11.88	0.12	<b>13.86</b>
VNV**	9.95	0.38	14.54	0.50	<b>37.49</b>
VGv**	6.12	0.30	22.19	0.31	<b>42.85</b>
VNG**	7.14	0.28	10.20	0.54	<b>41.32</b>
VGG**	8.56	0.27	0.00	0.49	<b>53.07</b>
VNN**	6.12	0.34	10.71	0.56	<b>41.32</b>
	siehe Text	<b>Z</b>	A	<b>Z</b>	siehe Text

Tabelle 3.11: Verhältnisse  $r_i$  für Männer in den symm. Kombinationen.

	Auswahl $\tilde{s}_i$ 0%	Mischen 1% - 49%	Mischen $\tilde{q}_i^{ME}$	Mischen 51% - 99%	Auswahl $\tilde{s}_i$ 100%
GGG*	<b>31.56</b>	0.49	0.00	0.32	<b>31.56</b>
NNN*	<b>35.65</b>	0.54	11.88	0.42	2.97
VVV*	22.95	0.36	11.48	0.37	<b>32.14</b>
	siehe Text	<b>Z</b>	A	<b>Z</b>	siehe Text

Bei den *weiblichen Gewinnern* bekommt in den Kombinationen G-VV und G-NV die Verhaltenshypothese A4 in Verbindung mit Verlustaversion und auf Perfektheit basierter Gleichgewichtsauswahl Unterstützung, wo hingegen in den Kombinationen G-NG und G-NN A1 in Verbindung mit Verlustfreude nicht zurückgewiesen werden kann (vgl. Prognosetabelle 3.7). In der Kombination G-GV erhält neben der Auswahlhypothese A1 das symmetrisch gemischte Nash-Gleichgewicht  $\tilde{q}^{ME}$  die meiste Unterstützung.

Die Tendenz im Sinne der normativen Vorhersage zu randomisieren, wird vor allem auch von *Frauen ohne vorherige Gewinn- oder Verlusterfahrung* bestätigt. Außer in der Kombination N-GG (hier kann A1 oder A3 in Verbindung mit Verlustfreude nicht falsifiziert werden) erhält „Mischen“ mit einer Wahrscheinlichkeit von 50% den maximalen Support.

Haben *Frauen* eine *Verlusterfahrung* gemacht, dann lässt sich das Verhalten in den Kombinationen V-GV und V-NG ebenfalls durch die normative Vorhersage charakterisieren. In allen anderen Kombinationen bestehen sehr starke Tendenzen, nicht in den Markt einzutreten. Für V-NN kann dies mit A3 oder A4, in jedem Fall aber durch Gleichgewichtsauswahl basierend auf Perfektheit in Verbindung mit Verlustfreude korrespondieren. In der Kombination V-GG identifizieren die meisten Strategiewahlen das einzig perfekte Gleichgewicht unter der Verhaltensannahme A4.

In den *symmetrischen Spielerkombinationen* kann bei *weiblichen Akteuren* ein Randomisierungsverhalten gemäß der normativen Vorhersage nicht abgelehnt werden. Implizites Mischen<sup>84</sup> wird in den Kombinationen mit Gewinnern und Verlierern, explizites Mischen gemäß  $\tilde{q}^{ME}$  (wieder) bei Neutralen beobachtet.

Betrachtet man in Tabelle 3.10 das Spielerverhalten von *Männern mit Gewinnerfahrung*, dann korrespondiert dieses in allen Kombinationen (außer in G-GN) mit der Verhaltensprognose A1 in Verbindung mit der Auswahl des perfekten Gleichgewichts und bei der Beteiligung von Neutralen zusätzlich mit Verlustaversion (vgl. Prognosetabelle 3.7). Ein konsistentes Verhalten bezüglich der Annahme A2 (oder A3) muss für alle Kombinationen zurückgewiesen werden: Da Nichteintritte in den Markt von Spielern mit Erfahrung  $i$  in einer Kombination  $(i, j, j)$  für die Kombination  $(i, i, j)$  Markteintritte implizieren und vice versa (siehe Tabelle 3.7), Männer mit Gewinnerfahrung

---

<sup>84</sup>Siehe hierzu auch die späteren Ausführungen im Zusammenhang mit einem Vergleich mit anderen experimentellen Studien.



aber immer die Tendenz für „Nichteintritt“ zeigen, kann A2 (oder A3) als falsifiziert angesehen werden.

*Männer ohne vorherige Gewinn- oder Verlusterfahrungen* zeigen starke Tendenzen gemäß A1 oder A2 im Zusammenhang mit Auswahl des perfekten Gleichgewichts und Verlustaversion. Da letztere den Auswahlprozess induziert<sup>85</sup>, kann hier zunächst nur geschlussfolgert werden, dass Männer ohne Erfahrung im Verlustbereich risikofreudig zu sein scheinen. Betrachtet man allerdings das Verhalten der (selben) neutralen Spieler in N-NG und N-GG, dann erhärtet das „Konsistenzargument“ von oben die Verhaltensannahme A1.

Das Verhalten der *männlichen Verlierer* ist wieder durch die Verhaltensprognose A1, Perfektheit und Verlustaversion charakterisiert. A2 muss zurückgewiesen werden, da Markteintritte in V-GV für die Kombination V-GG Nichteintritte implizieren würde. Hier ist aber gerade das Gegenteil der Fall.

In den *symmetrischen Spielerkombinationen* scheinen Gewinner implizit gemäß  $\tilde{q}^{ME}$  zu randomisieren, neutrale Männer haben im Gegensatz zu neutralen Frauen eher die Tendenz „0%“ zu spielen und männliche Verlierer zeigen ähnliche Tendenzen wie Frauen mit Verlusterfahrung.

## Zusammenfassung

Hauptresultate<sup>86</sup> von Experiment 4, einem simultanen Markteintrittsspiel nach vorherigen finanziellen Gewinn-, Verlust- und ohne Erfahrungen, sind die folgenden:

- Das *Verhalten von Männern und Frauen unterschied* sich in wesentlichen Aspekten.
- So unterstützten *weibliche Gewinner und Verlierer* die *Aggregationshypothese* A4 in Verbindung mit dem *Perfektheitskriterium* und unter der Annahme *sozialer Projektion*, wenn diese auf einen Gegenspieler mit einer anderen Erfahrung trafen. Dies impliziert eine Ergebniswahrnehmung gemäß einer konkaven Wertfunktion im Verlust- und einer konvexen Wertfunktion im Gewinnbereich. Darüber hinaus korrespondieren die beobachteten Strategiewahlen der Gewinner und Verlierer in Kombinationen mit Neutralen mit *Verlustfreude*.

---

<sup>85</sup>Siehe Beweise zu Theorem 15 und 19 im Anhang.

<sup>86</sup>Für weitergehende Analysen, insbesondere auch im Vergleich mit anderen Studien und alternativen Erklärungsansätzen siehe auch Abschnitte 3.7 und 3.9.

- *Frauen ohne vorherige Erfahrung*, sowie das Verhalten in den symmetrischen Kombinationen hingegen, unterstützten die normative Vorhersage, nämlich mit einer Wahrscheinlichkeit von 50% in den Markt einzutreten.
- Das Spielverhalten der *Männer*, und zwar sowohl für *Gewinn-*, *Verlust-*, als auch *ohne* Erfahrungen, bestätigt in asymmetrischen Spielerkombinationen die *Aggregationshypothese* A1 in Verbindung mit dem *Perfektheitskriterium* und unter der Annahme *sozialer Projektion*.
- *Einige Spieler* verhielten sich *rational* im Sinne des gemischten symmetrischen Nash-Gleichgewichts. Der Anteil der Frauen war dabei erheblich größer.
- Die *Randomisierungshypothese* in Verbindung mit Aggregation oder Segregation und Auszahlungstransformation muss für alle Spielerkombinationen und sowohl für Frauen als auch Männer zurückgewiesen werden.

### 3.7 Vergleich beider Experimente

Gemeinsames (Haupt-) Resultat beider experimenteller Studien zum Verhalten nach vorherigen Gewinn- und Verlust Erfahrungen in Entscheidungssituationen mit strategischer Interaktion der Akteure ist, dass *Aggregationseffekte in Verbindung mit auswahltheoretischen Kriterien* nachgewiesen werden konnten.

Dabei konnte das Konzept der *Risikodominanz* in einem BOS-Spiel und das *Perfektheitskonzept* in einem simultanen ME-Spiel *in Verbindung mit Aggregation und Auszahlungstransformationen bestätigt* werden.

Allerdings zeigten sich *starke geschlechtsspezifische Unterschiede* bezüglich der zugrundegelegten Verläufe der Wertfunktionen und bezüglich von Verlustaversion und Verlustfreude. Die Strategiewahlen der Männer unterstützten dabei ein Verhalten gemäß des Medianentscheiders der CPT: Konvexe Wertfunktion im Verlustbereich, konkave Wertfunktion im Gewinnbereich und Verlustaversion. Frauen hingegen verhielten sich tendenziell in verschiedenen Spielerkombinationen nicht konsistent, am ehesten noch im Einklang mit einer konkaven Wertfunktion im Verlust-, einer konvexen Wertfunktion im Gewinnbereich und Verlustfreude. Der Anteil von angegebenen Wahrscheinlichkeitsverteilungen, welche aus einer normativen Spielanalyse resultieren, war

bei Frauen erheblich höher als bei Männern.

### 3.7.1 Durchschnittliche Strategiewahlen und erwartete Auszahlungen im BOS-Spiel

Bevor ein Vergleich mit anderen experimentellen Studien stattfindet, sollen zunächst noch einige weitere Analysen zu Experiment 3 vorgestellt werden. In Abbildung 3.15 sind zunächst die *mittleren Strategiewahlen* für das für die Spieler bessere Gleichgewicht<sup>87</sup> abgebildet.

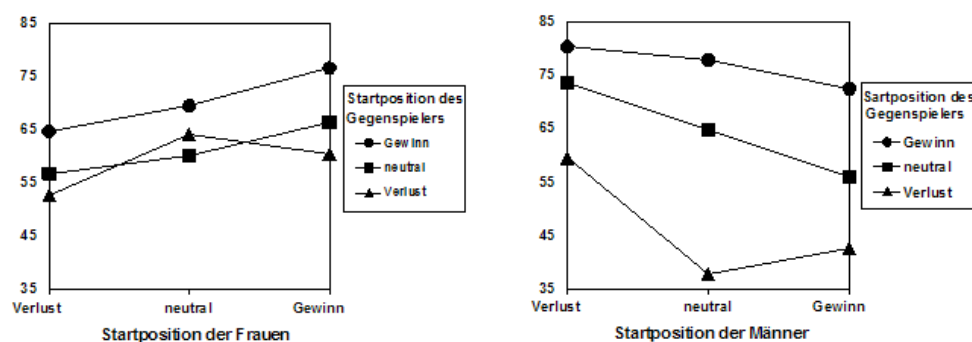


Abbildung 3.15: Mittlere Strategiewahlen in Experiment 3.

Bei der Analyse des *Innergruppenverhaltens* zeigt sich insbesondere bei *weiblichen Gewinnern*, dass diese im Mittel das gemischte Gleichgewicht von 75% spielen, während insbesondere *männliche Gewinner und Neutrale* das Gleichgewicht eines Verlierers unterstützen. Untersucht man die Unterschiede zwischen den einzelnen Kombination mit einem Wilcoxon-Rangsummentest, dann ist dieser bei *weiblichen Verlierern* im Vergleich mit dem Verhalten gegen Neutrale versus Gewinnern signifikant<sup>88</sup> verschieden. Bei *weiblichen Gewinnern* sind die mittleren Strategiewahlen gegen Neutrale signifikant kleiner als gegen Gewinner, ebenso ist die Differenz zwischen den mittleren Wahlen beim Vergleich Gewinner gegen Verlierer und Gewinner versus Gewinner signifikant. Bei *Männern* ist nur der Vergleich Verlierer gegen Neutrale versus Verlierer gegen Gewinner mit einem Niveau von 0.08 nicht signifikant, alle anderen acht möglichen Vergleiche sind auf einem p-level kleiner 0.05 signifikant.

<sup>87</sup>Dies bedeutet, dass die Spieler in diesem Gleichgewicht jeweils die höhere Auszahlung erhalten.

<sup>88</sup>Falls nicht weiter spezifiziert, ist damit immer eine Irrtumswahrscheinlichkeit von  $p < 0.05$  gemeint.

Untersucht man das *Intergruppenverhalten* mit Hilfe eines Wilcoxon-Mann-Whitney-Tests (Mann-Whitney-U-Tests), dann *unterscheidet* sich das *Verhalten der Verlierer signifikant* von dem der *Gewinner* in Spielen und sowohl gegen Gewinner, Neutrale als auch Verlierer. Bei *Männern* sind die Unterschiede der Verlierer versus Gewinner in Spielen gegen Verlierer und Neutrale signifikant. Weiterhin unterscheidet sich das Verhalten der Neutralen von dem der Gewinner in Spielen gegen Neutrale und Gewinner. Männliche Gewinner spielen im Mittel signifikant kleinere Eintrittswahrscheinlichkeiten, als männliche Verlierer und zwar sowohl in Spielen gegen Gewinner, gegen Neutrale, als auch Verlierer.

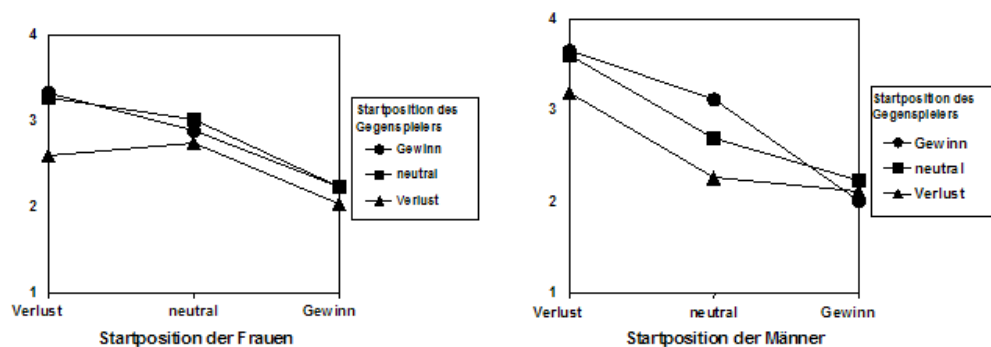


Abbildung 3.16: Mittlere erwartete Auszahlungen in Experiment 3.

Dieses Verhalten hat dann auch entsprechende Konsequenzen für die *erwartete Auszahlung*<sup>89</sup>. Diese basiert auf dem empirischen Verhalten und ist in Abbildung 3.16 dargestellt. Spielen hier weibliche Verlierer gegen Verlierer, dann ist der erwartete Payoff signifikant kleiner (Wilcoxon-Rangsummentest), als wenn diese gegen Gewinner spielen. *Neutrale Männer gegen Verlierer* „verdienen“ *signifikant weniger* als gegen Gewinner und der *Unterschied Neutrale gegen Verlierer versus Neutrale gegen Neutrale* ist bei männlichen Teilnehmern ebenfalls *signifikant*.

Aus Sicht der Gruppen mit unterschiedlicher Erfahrung kann mit Hilfe von Mann-Whitney-U-Tests belegt werden, dass die *Unterschiede bei Frauen nicht signifikant* sind. Im Spiel gegen Verlierer *verdienen die männlichen Verlierer signifikant mehr* als die männlichen Neutralen. Außerdem unterscheidet sich das *Verlierer- versus Gewinnerverhalten signifikant* in Spielen gegen Verlie-

<sup>89</sup>Diese wurde aufgrund der tatsächlichen Strategiewahlen berechnet.

rer und Neutrale.

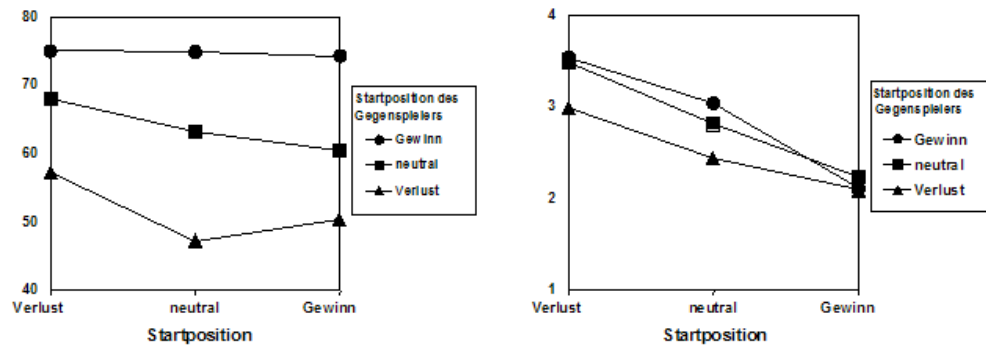


Abbildung 3.17: Strategiewahlen und Auszahlungen in Experiment 3.

Weiterhin unterscheiden sich die *mittleren Strategiewahlen* der Frauen in den Kombinationen V-N, G-V, N-V und V-G von dem der Männer (Wilcoxon-Mann-Whitney bzw. Mann-Whitney-U-Test,  $p < 0.05$ ). Für die *erwarteten Auszahlungen* konnten jedoch *keine signifikanten Unterschiede* im Verhalten von Frauen und Männern festgestellt werden.

Aus einer *aggregierten Perspektive* kann man das *Verhalten der gesamten Probandengruppe* betrachten. In Abbildung 3.17 ist dieses wieder für die mittleren Strategiewahlen und die mittleren erwarteten Auszahlungen dargestellt. Auch für die gesamte Gruppe kann man signifikante Unterschiede nachweisen.<sup>90</sup>

Interpretiert man in Abbildung 3.17 die *mittleren Strategiewahlen als gemischte Strategien*, dann kann geschlussfolgert werden, dass diese *nicht mit den Vorhersagen des transformierten gemischten Gleichgewichts korrespondieren*. Vielmehr *weisen diese insbesondere in den asymmetrischen Kombinationen eher in die Richtung der durch Risikodominanz prognostizierten reinen Strategie*: Verlierer gegen Gewinner oder Neutrale spielen die für sie bessere Gleichgewichtsstrategie mit einer gewissen „Aggressivität“, Gewinner verhalten sich gegenüber Verlierern eher „konservativ“.

<sup>90</sup>Da im Aggregat aber die umgekehrten Tendenzen im Verhalten von Frauen und Männern entweder ausgeglichen oder durch das Verhalten der männlichen Teilnehmer „getrieben“ werden, soll an dieser Stelle auf eine detaillierte Analyse und Interpretation verzichtet werden.

Bezüglich der *erwarteten Auszahlung im Aggregat*<sup>91</sup> führt das Verhalten zu einem mittleren Betrag von 2.23 Euro, dieser ist geringfügig kleiner als der durch das normative gemischte Nash-Gleichgewicht implizierte Betrag von 2.25 Euro. Neutrale Spieler und solche mit Verlusterfahrung liegen mit 2.73 Euro bzw. (sogar) 3.40 Euro deutlich über dem normativen Erwartungswert.<sup>92</sup>

### 3.7.2 Durchschnittliche Strategiewahlen und erwartete Auszahlungen im ME-Spiel

Bei der Betrachtung der *mittleren Wahlen* für die Strategie „Markteintritt“ (vgl. Abbildung 3.18) und den damit verbundenen *Auszahlungen* (vgl. Abbildung 3.19) ergibt sich zunächst ein ähnliches Bild wie bei den Auswertungen im BOS-Spiel: Es werden *erhebliche Unterschiede zwischen Frauen und Männern* deutlich. Männliche Verlierer etwa treten im Mittel in allen Gegenspielerkombinationen vermehrt in den Markt ein, wo hingegen das Eintrittsverhalten der Frauen mit Verlusterfahrung auch im Mittel eher moderat oder als gegenteilig zu bezeichnen ist (insbesondere in der Reaktion auf Gegenspielerkombinationen mit Gewinnern). Männliche Gewinner hingegen, verhalten sich auch bei der Betrachtung von Mittelwerten zurückhaltend, während bei Frauen hier gegenteilige Tendenzen zu erkennen sind.

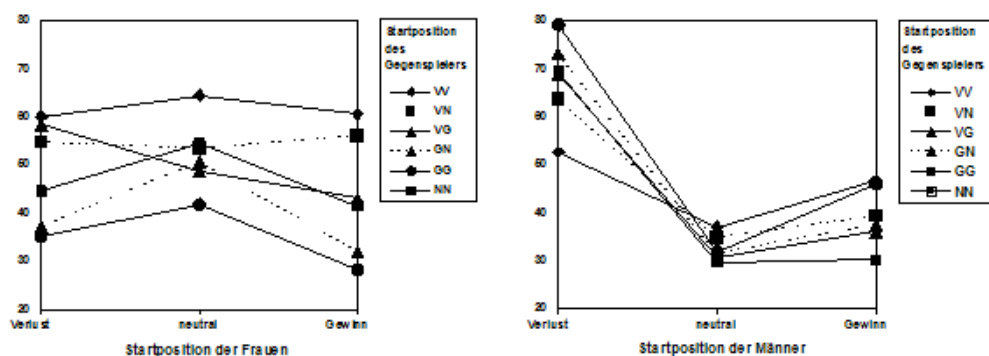


Abbildung 3.18: Mittlere Strategiewahlen in Experiment 4.

<sup>91</sup>Die erwartete Auszahlung wurde aufgrund der tatsächlichen Strategiewahlen berechnet.

<sup>92</sup>Die erwarteten Auszahlungen hängen vom *Koordinationserfolg* in den einzelnen Kombinationen ab. Für eine Analyse dieser Größe siehe in Verbindung mit einem Vergleich mit anderen Studien in Abschnitt 3.9.

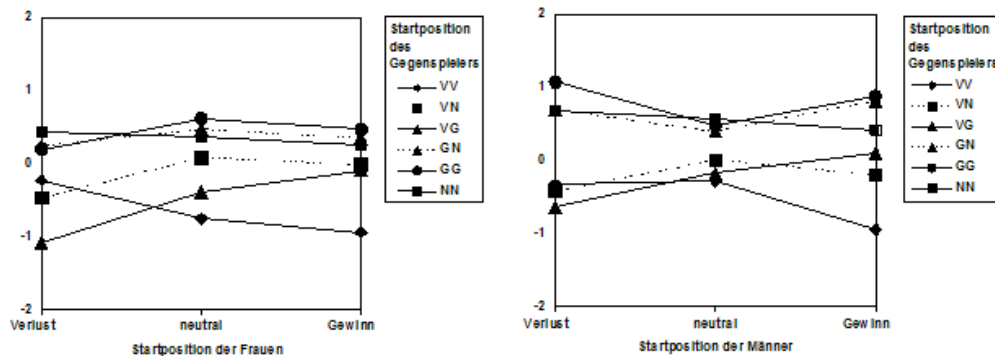


Abbildung 3.19: Mittlere erwartete Auszahlungen in Experiment 4.

Die *statistische Analyse* mit Hilfe von Wilcoxon-Rangsummentests für verschiedene Spielerkombinationen bezüglich der Strategiewahlen offenbart *in einigen Fällen signifikante Unterschiede*. Bezüglich der Unterschiede im erwarteten Payoffs nimmt die Anzahl signifikanter Fälle zu. Insbesondere in den asymmetrischen Kombinationen unterscheiden sich die erwarteten Auszahlungen in den jeweiligen Kombinationen in Abhängigkeit der Erfahrung der Gegenspieler, vor allem bei Betrachtung der Gesamtpopulation.

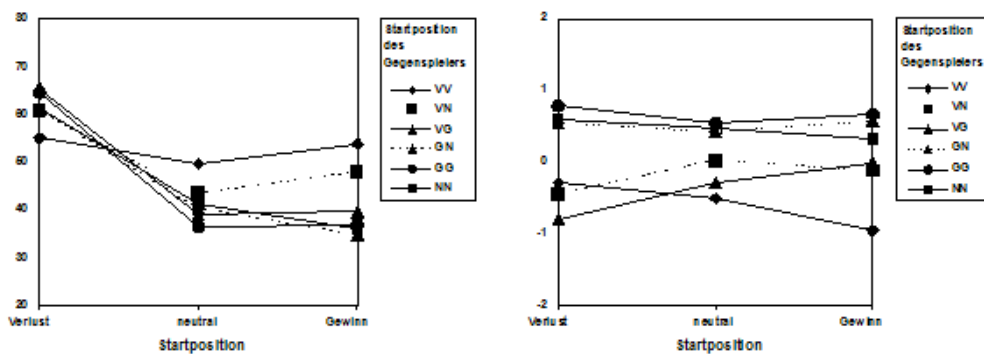


Abbildung 3.20: Strategiewahlen und Auszahlungen in Experiment 4.

Wenn man, wie bei der Auswertung des BOS-Spiels, die *mittleren Strategiewahlen als gemischte Strategien* interpretiert (siehe Abbildung 3.20), dann kann man auch hier schlussfolgern, dass diese *nicht mit den Vorhersagen des transformierten gemischten Gleichgewichts korrespondieren*<sup>93</sup>. Vielmehr

<sup>93</sup>Siehe hierzu auch Abschnitt 3.6.2. Beispielsweise führt eine Grenzwertbetrachtung bezüglich des Parameters  $\alpha$  in einer exponentiellen Wertfunktion mit  $\alpha \rightarrow 0$  bzw.  $\alpha \rightarrow$

*weisen diese insbesondere in den aysymmetrischen Kombinationen in die Richtung, der durch Perfektheit prognostizierten, reinen Strategie: Verlierer gegen Gewinner oder Neutrale spielen die Markteintrittsstrategie mit einer großen Häufigkeit, Gewinner tendieren zum Nichteintritt.*

## 3.8 Alternative Erklärungsansätze

Stimmen zentrale *Verhaltensannahmen* über die Spieler *nicht mit der Realität überein*, ist das beobachtete Verhalten *nur bedingt konsistent mit einem theoretischen Modell*. Außerdem kann das reale Verhalten möglicherweise auch mit anderen Modellen erklärt werden. Deshalb beschäftigt sich dieser Abschnitt einerseits mit der *Hinterfragung des Verhaltensannahmen* des spieltheoretischen Aggregationsmodells, andererseits mit der Problematik, ob es grundsätzlich *andere Ansätze* gibt, die das beobachtete Verhalten erklären.

### 3.8.1 Bedeutende Erkenntnisse der Sozialpsychologie

Eine Anzahl von sozialpsychologischen Untersuchungen berichten von *geschlechtsspezifischen Unterschieden in der Risikowahrnehmung und im Risikoverhalten*.<sup>94</sup> Die dort gefundenen Resultate sind allerdings sehr heterogen, meistens sehr kontextspezifisch und lassen sich nur schwer im Hinblick auf Wertfunktionsverläufe übertragen. In Experiment 4 wurde am Ende des Statistikteils in einem „neutralen“ Kontext<sup>95</sup> zusätzlich die Risikoeinstellung im Gewinnbereich gemessen<sup>96</sup>. Dabei offenbarten Frauen und Männer ähnliche Tendenzen: Eine Frau und zwei Männer reagierten *risikofreudig*, drei weibliche und sechs männliche Probanden *risikoneutral* und 41 Frauen und 55 Männer *risikoavers*. Die überwiegende Anzahl der männlichen Probanden zeigte sich also konsistent mit dem im ME-Spiel beobachteten Verhalten. Für Frauen hingegen könnte die Annahme einer sowohl in Entscheidungs- als auch Spielsituationen konstanten Risikoeinstellung verletzt sein.

---

<sup>94</sup> dazu, dass unter A1 und für die Kombinationen  $(V, G, G)$  und  $(V, V, G)$  Verlierer im Intervall  $(0, \frac{1}{2})$  und Gewinner im Intervall  $(\frac{1}{2}, 1)$  mischen sollten.

<sup>94</sup>Siehe etwa Byrnes et al. (1999), Gupta et al. (2005), Maccoby und Jacklin (1974) und Magnan und Hinsz (2005).

<sup>95</sup>Natürlich kann hier nicht vollständig ausgeschlossen werden, dass Framing-Effekte in Form der gemachten Gewinn- oder Verlusterfahrungen noch wirksam waren. Allerdings fand die Messung der Risikoeinstellung am Ende der Studie, unabhängig vom Spiel und ohne finanzielle Anreize statt und die entsprechenden Lotterievergleiche suggerierten eher eine demographische Erhebung, um evt. nachwirkende Framing-Effekte zu minimieren.

<sup>96</sup>Mit Hilfe einer *Wahrscheinlichkeitsäquivalentmethode*, siehe z. B. Farquhar (1984).



Weitere sozialpsychologische Untersuchungen tangieren die *Annahme der Sozialen Projektion*. So existieren Erkenntnisse darüber, dass *Männer* bei Unkenntnis des Gegenübers *eher* ihre eigenen Verhaltensmuster auf diesen *projizieren, als* dies bei *Frauen* der Fall ist.<sup>97</sup> Damit ist zunächst unklar, welche Auszahlungstransformationen für die Wahrnehmung des Payoffs des Gegenspielers bei Frauen zugrunde gelegt werden müssen. Andere Auszahlungstransformationen haben in einer spieltheoretischen Analyse möglicherweise auch von den bisherigen Prognosen divergierende Konsequenzen: So könnten im BOS-Spiel andere Risikodominanzbeziehungen zwischen den beiden reinen Gleichgewichten bestehen. Im ME-Spiel könnte sich bei nicht monotonen Transformationen eine andere Situation bezüglich reiner Gleichgewichte einstellen, was dann auch Konsequenzen bezüglich einer Perfektheitsanalyse hätte. Allerdings ist bisher nicht bekannt, welche Auszahlungswahrnehmung man Frauen im Hinblick auf Payoffs der Gegenspieler unterstellen kann bzw. wie diese mathematisch zu modellieren sind. Damit handelt es sich eigentlich um Spiele mit unvollständiger Information (bezüglich der Auszahlung), welche auswahltheoretisch anders zu „behandeln“ sind.<sup>98</sup>

Als drittes und letztes Resultat allgemeiner sozialpsychologischer Forschung sei ein Fakt angesprochen, welcher bereits die in der Spieltheorie zugrundegelegten Axiome „Optimalität“ und „Rationale Erwartung“ tangiert (siehe Abschnitt 3.1). So zeigen *Frauen signifikant andere Verhaltensmuster gegenüber Anderen als Männer*.<sup>99</sup> Wenn also in Entscheidungssituationen mit strategischer Interaktion die Reaktionsmuster von denen in den Axiomen geforderten abweichen und durch die Spieler entsprechend antizipiert werden, dann sind möglicherweise nicht (alle) Gleichgewichte, sondern andere Strategiekombinationen Lösung oder Lösungskandidaten eines nichtkooperativen Spiels. In diesem Zusammenhang könnte auch von Interesse sein, inwiefern die Information über das Geschlecht des Gegenspielers (der Gegenspieler) einen Einfluss auf das („beste“) Antwortverhalten hat. Erklärt in diesem Zusammenhang gerade die, in beiden Experimenten vorherrschende Unkenntnis über das Geschlecht des (der) Anderen, dass Frauen sehr häufig auf die rationale Lösung in Form des symmetrischen gemischten Nash-Gleichgewichts abzielten, da divergierende Verhaltensmuster der Männer (aufgrund fehlender Information) nicht antizipiert werden konnten? Oder korrespondiert die „Andersartigkeit“ des weiblichen Verhaltens (vor allem der Neutralen im ME-Spiel) im Allgemeinen eher mit Rationalität im spieltheoretischen Sinne?

<sup>97</sup>Siehe etwa Karniol et al. (1998) und Knudson-Martin (1994).

<sup>98</sup>Siehe etwa Harsanyi und Selten (1988) bzw. Harsanyi (1995b).

<sup>99</sup>Day und Livingstone (2003), Hutson-Comeaux und Kelly (1998), Kimble und Hirt (2005), McGray et al. (2005) und Rotundo (2004).

In beiden experimentellen Studien konnte das Aggregationsmodell in Verbindung mit Transformation und sozialer Projektion (wenn für Frauen und Männer auch auf unterschiedliche Weise) nicht falsifiziert werden. Trotzdem stellt sich weiterführend die Frage, ob es auch alternative Erklärungen für das Zustandekommen der Daten gibt.

### 3.8.2 Alternative Ansätze der deskriptiven Spieltheorie

Wenn sich die Auszahlungen für Spieler wie im BOS- oder ME-Spiel in verschiedenen Spielerkombinationen (und Gleichgewichten) für die Spieler unterscheiden, dann kann man im Allgemeinen fragen, ob die resultierenden (Gleichgewichts-) Strategiewahlen *ausschließlich* durch die „Philosophie“ *Auszahlungsmaximierung* determiniert sind. Insbesondere Studien zu so genannten *Bargainingproblemen* aber auch die Analyse anderer ökonomischer Phänomene<sup>100</sup>, welche man in der Realität beobachten kann, lassen diesbezüglich alternative Erklärungsansätze zu<sup>101</sup>. Besonders etabliert haben sich in den letzten Jahren *Fairness*-Modelle bzw. Ansätze, welche die wahrgenommene „Ungerechtigkeit“ durch so genannte *Ungleichheitsaversion* abbilden<sup>102</sup>.

Im Abschnitt 3.2 wurde ein derartiger Ansatz, nämlich der von Fehr und Schmidt (1999), bereits angesprochen. Im Allgemeinen ist in einem  $j = 1, \dots, n$ -Personenspiel mit zugehörigem Auszahlungsvektor  $(x_1, \dots, x_n)$  eine Auszahlungstransformation  $U_j$  für den  $j$ -ten Spieler gemäß dieses Ansatzes ge-

---

<sup>100</sup>Nutzenmaximierung kann keinen Erklärungsbeitrag dazu liefern, warum Menschen beispielsweise wählen gehen, Trinkgeld geben oder nicht immer auf Kosten Anderer *free ride*n, siehe etwa Kahneman et al. (1986a). Andererseits könnten „faire“ oder „gerechte“ Motive ursächlich dafür sein, dass Arbeitgeber in Zeiten hoher Arbeitslosigkeit nicht drastisch die Löhne senken, siehe etwa Solow (1980) und Agell und Lundborg (1995). Außerdem können auch wahrgenommene Gesellschaftsnormen bezüglich Fairness im Zusammenhang mit der Festlegung von Güterpreisen und Löhnen auf Konsum und Arbeitsmärkten eine Rolle spielen, siehe Kahneman et al. (1986).

<sup>101</sup>Zu Studien mit alternativen Interpretationen des Spielerverhaltens in Ultimatum- und Diktatorspielen siehe etwa Güth et al. (1982), Binmore et al. (1985), Neelin et al. (1988), Ochs und Roth (1989), Güth und Tietz (1990), Bolton (1991), Roth et al. (1991), Prasnikar und Roth (1992), Forsythe et al. (1994), Straub und Murnighan (1995), Croson (1996), Kagel et al. (1996), Camerer und Thaler (1995), Levine (1998) und Murnighan et al. (2001). Zu psychologischen Ansätzen, welche aus der so genannten *Sozialen Vergleichstheorie* stammen siehe etwa Festinger (1954b), Loewenstein et al. (1989) oder Pruitt und Carnevale (1996). Für Anpassungsheuristiken siehe etwa Allison und Messick (1990).

<sup>102</sup>Siehe insbesondere Bolton und Ockenfels (2000), Fehr und Schmidt (1999) und Fehr und Schmidt (2000).

geben durch

$$U_j(x) := x_j - \alpha_j \frac{1}{n-1} \sum_{i \neq j} \max\{x_i - x_j, 0\} - \dots \\ \dots - \beta_j \frac{1}{n-1} \sum_{i \neq j} \max\{x_j - x_i, 0\}. \quad (3.61)$$

Dabei sind die *Ungleichheitsaversionparameter*  $\alpha_j$  und  $\beta_j$  annahmegemäß individuenspezifische Konstanten mit

$$\beta_j \leq \alpha_j \text{ und } 0 \leq \beta_j < 1. \quad (3.62)$$

Betrachtet man jetzt *Transformationen für Auszahlungskombinationen* gemäß 3.61, z. B. für die Spielerkombination  $(G, V)$  im BOS-Spiel, dann folgt für das Gleichgewicht  $\tilde{s}^G$  (vgl. Abschnitt 3.5) und unter Berücksichtigung der konkreten Auszahlungen in Experiment 3:

$$U_G(9, 3) = 9 - 6 \cdot \beta_G, \quad (3.63)$$

$$U_V(3, 9) = 3 - 6 \cdot \alpha_V. \quad (3.64)$$

Für das Gleichgewicht  $\tilde{s}^V$  folgt:

$$U_G(3, 9) = 3 - 6 \cdot \alpha_G, \quad (3.65)$$

$$U_V(9, 3) = 9 - 6 \cdot \beta_V. \quad (3.66)$$

Jetzt könnte man das *beobachtete Verhalten*, dass beide Spieler das für den  $V$  bessere Gleichgewicht  $\tilde{s}^V$  spielen, *bereits ohne die Berücksichtigung der vorherigen Gewinn- oder Verlusterfahrung* allein durch Risikodominanzüberlegungen mit Hilfe des Nash-Produkts *erklären*, da es für

$$\begin{aligned} U_G(9, 3)U_V(3, 9) &< U_G(3, 9)U_V(9, 3) \\ &\iff \\ (3 - 2\beta_G)(1 - 2\alpha_V) &< (1 - 2\alpha_G)(3 - 2\beta_V) \end{aligned} \quad (3.67)$$

unendlich viele Parameterkonstellationen  $\alpha_G, \beta_G$  und  $\alpha_V, \beta_V$  gibt, die auch 3.62 erfüllen. Allerdings ist in diesem Zusammenhang äußerst kritisch wie motiviert werden kann, dass in einem Spiel mit anonymen Beteiligten etwa dem Gewinner die Parameter des Verlierers und umgekehrt bekannt sein können. Eigentlich handelt es sich hier wieder um eine *Spielsituation mit unvollständiger Information* (über die Auszahlungsstruktur). Derartige Situationen werden innerhalb der Spieltheorie üblicherweise so behandelt, dass man zumindest unterstellt, dass die Spieler Wahrscheinlichkeitsverteilungen über

die Parameterausprägungen des (der) Anderen zugrundelegen.<sup>103</sup> Allerdings bleibt für dieses Koordinationsspiel offen, welche Struktur diese Verteilungen haben könnten bzw. inwiefern diese dann doch wieder von der jeweiligen Gewinn- oder Verlusterfahrung der Beteiligten abhängen.

Lässt man hingegen die *Aggregation vorheriger Gewinn- und Verlusterfahrungen* zu, das heißt, die Spieler sehen sich eigentlich mit der Auszahlungsmatrix in Abbildung 3.21 konfrontiert, dann gibt es hier zunächst wieder die beiden reinen Gleichgewichte  $\tilde{s}^1 = \tilde{s}^G$  und  $\tilde{s}^2 = \tilde{s}^V$ . Die zusätzliche Analyse

		Spieler V	
		$s_V^1$	$s_V^2$
Spieler G	$s_G^1$	(18,-6)	(9,-9)
	$s_G^2$	(9,-9)	(12,0)

Abbildung 3.21: BOS mit Aggregation

bezüglich Risikodominanz und unter Berücksichtigung von 3.62 führt jetzt zu den Konklusionen:

$$\begin{aligned}
 U_G(18, -6)U_V(-6, 18) &< U_G(12, 0)U_V(0, 12) \\
 &\iff \\
 (3 - 4\beta_G)(-1 - 4\alpha_V) &< (2 - 2\beta_G)(-2\alpha_V) \\
 &\iff \\
 \frac{3 - 4\beta_G}{2 - 2\beta_G} &> \frac{2\alpha_V}{1 + 4\alpha_V}. \quad (3.68)
 \end{aligned}$$

Hier gilt für  $\alpha_V = \beta_G = \frac{1}{6}(1 + \sqrt{10})$  Gleichheit, d. h. *es gibt zulässige Parameterkonstellationen*, so dass die Ungleichung 3.68 erfüllt ist; etwa die folgende Menge:

$$M := \{\alpha_V, \beta_G \in \mathbb{R}_+ | 0 \leq \beta_G \leq \alpha_V \leq \frac{1}{6}(1 + \sqrt{10})\}. \quad (3.69)$$

*Anders* verhält sich die Situation *im ME-Spiel*. Zur Vereinfachung sei im Falle der Vernachlässigung vorheriger Gewinn- oder Verlusterfahrungen die Auszahlungsstruktur aus der Perspektive von Spieler  $i$  im Hinblick auf reine Gleichgewichte betrachtet. In Abbildung 3.22 sind die Auszahlungen für alle Spieler für bestimmte Strategiekombinationen unter dem Ungleichheitsaversionsmodell von Fehr und Schmidt (1999) dargestellt. Betrachtet man

<sup>103</sup>Siehe etwa auch Fehr und Schmidt (1999) für Ultimatumspiele.

$s^l$	(0, 0, 0)	(1, 0, 0)	(1, 1, 0)	(1, 1, 1)
$u_i(s^l)$	0	$6(1 - \beta_i)$	0	-6
$u_j(s^l)$	0	$-6\alpha_j$	0	-6
$u_k(s^l)$	0	$-6\alpha_k$	0	-6

Abbildung 3.22: Auszahlungen im ME-Spiel

(exemplarisch) die Auszahlungen für den Vektor  $(1, 0, 0)$ , dann ist ersichtlich, dass *Strategiekombinationen mit genau einem Markteintritt keine reinen Gleichgewichte* präsentieren können, da die jeweils nicht eintretenden Spieler einen Anreiz haben, den Markt zu „betreten“: Spieler  $j$  und  $k$  realisieren für  $(1, 0, 0)$  aufgrund ihrer Ungleichheitsaversion gegenüber dem Gewinn des  $i$  hier Verluste, das heißt diese stellen sich etwa in  $(1, 1, 0)$  bzw.  $(1, 0, 1)$  besser.

*Strategiekombinationen mit genau zwei Eintretenden* definieren zwar reine *Gleichgewichte*, diese sind aber *nicht perfekt*, wie folgende Überlegungen zeigen: Betrachtet man beispielsweise Spieler  $i$  für den Vektor  $(1, 1, 0)$ , dann ergibt sich unter der Annahme einer kleinen uniformen Störung mit  $\varepsilon > 0$  ein erwarteter Payoff von

$$u_i(1, 1 - \varepsilon, \varepsilon) = 6(1 - \varepsilon)\varepsilon[-1 + 1 - \beta_i] < 0, \quad (3.70)$$

d. h., das Gleichgewicht  $(1, 1, 0)$  kann nicht perfekt sein.<sup>104</sup> Damit resultiert eine *auswahltheoretische Analyse* wieder im *vollständig gemischten Gleichgewicht* und *Ungleichheitsaversion* allein kann *keinen Erklärungsbeitrag* für das Verhalten im ME-Spiel liefern.

Unterstellt man, dass vorherige Gewinne und Verluste aggregiert wahrgenommen werden und wendet Auszahlungstransformationen gemäß 3.61 an, dann ergibt sich etwa für die Strategiekombination  $(V, V, G)$ <sup>105</sup> die in Abbildung 3.23 dargestellte Auszahlungsstruktur. In diesem Fall definiert der Vektor  $(0, 0, 1)$  kein Gleichgewicht, da wegen  $-6 - 18\alpha_V < -6 - 12\alpha_V$  ein Verlierer einen Anreiz hat, in den Markt einzutreten. Entsprechend definieren  $(1, 0, 1)$  und  $(0, 1, 1)$  keine Gleichgewichte, da der Gewinner hier einen Anreiz hat, auf  $(1, 0, 0)$  bzw.  $(0, 1, 0)$  zu wechseln. Der Vektor  $(1, 1, 0)$  definiert zwar ein Gleichgewicht, dieses ist allerdings nicht perfekt, da für die Auszahlungserwartung, unter Berücksichtigung einer kleinen Störung, hier wieder

$$u_V(1, 1 - \varepsilon, \varepsilon) = (1 - \varepsilon)\varepsilon[-12 - 12\alpha_V - 6(\alpha_V + \beta_V)] < 0, \quad (3.71)$$

<sup>104</sup>Vgl. hierzu auch die Ausführungen Abschnitt 3.3.1.

<sup>105</sup>Die Analyse anderer Spielerkombinationen kann analog erfolgen.

$s^l$	(0, 0, 0)	(0, 0, 1)	(1, 0, 0)	(1, 1, 0)
$u_V(s^l)$	$-6 - 12\alpha_V$	$-6 - 18\alpha_V$	$-6(\alpha_V + \beta_V)$	$-6 - 9\alpha_V$
$u_V(s^l)$	$-6 - 12\alpha_V$	$-6 - 18\alpha_V$	$-6 - 9\alpha_V$	$-6 - 9\alpha_V$
$u_G(s^l)$	$6 - 12\beta_G$	$12 - 18\beta_G$	$6 - 9\beta_G$	$6 - 12\beta_G$
$s^l$	(1, 0, 1)	(0, 1, 1)	(0, 1, 0)	(1, 1, 1)
$u_V(s^l)$	$-6 - 12\alpha_V$	$-6 - 12\alpha_V$	$-6 - 9\alpha_V$	$-12 - 12\alpha_V$
$u_V(s^l)$	$-6 - 12\alpha_V$	$-6 - 12\alpha_V$	$-6(\alpha_V + \beta_V)$	$-12 - 12\alpha_V$
$u_G(s^l)$	$6 - 12\beta_G$	$6 - 12\beta_G$	$6 - 9\beta_G$	$-12\beta_G$

Abbildung 3.23: Aggregation im ME-Spiel

gilt. Für die Kombination  $(V, V, G)$  definieren die Vektoren  $(1, 0, 0)$  und  $(0, 1, 0)$  zwar Gleichgewichte, diese sind aber ebenfalls nicht perfekt, da die erwartete Auszahlung

$$u_V(1 - \varepsilon, 0, \varepsilon) = \varepsilon(-12 - 12\alpha_V) - 6(1 - \varepsilon)(\alpha_V + \beta_V) \quad (3.72)$$

für alle  $\varepsilon > 0$  negativ ist. Damit ist *auch hier* das *vollständig gemischte Gleichgewicht Lösung* einer auswahltheoretischen Analyse. Für die Kombination  $(V, V, N)$ ,  $(V, N, N)$  und  $(V, G, G)$  im Zusammenhang mit 3.61 und Aggregation kann analog gezeigt werden, dass der erwartete Payoff bereits für nur einen eintretenden Verlierer und für alle  $\varepsilon > 0$  negativ ist. Damit scheiden Gleichgewichte mit eintretenden Verlierern und nicht eintretenden Gewinnern oder neutralen Spielern als (perfekte) Lösungskandidaten aus. Somit kann das vor allem bei Männern *beobachtete Verhalten* (Eintritte von Verlierern, Nichteintritte von Gewinnern und Neutralen) *nicht mit Hilfe von Ungleichheitsaversion*, weder mit noch ohne Aggregationsannahme, *erklärt* werden.

Zusammenfassend kann also festgestellt werden, dass Ungleichheitsaversion im Sinne von Fehr und Schmidt (1999) im BOS-Spiel sowohl ohne, als auch mit Aggregationsannahme bedingt geeignet scheint, das beobachtete Verhalten alternativ zu erklären. Im ME-Spiel jedoch stellt das Modell von Fehr und Schmidt (1999) keine Alternative dar.

Als nächstes soll ein weiterer spieltheoretischer Ansatz, die so genannte *Fokalkpunkttheorie*<sup>106</sup> im Hinblick auf alternative Erklärungen des beobachteten Verhaltens der Probanden untersucht werden.

<sup>106</sup>Dieser Ansatz geht im Wesentlichen auf die Arbeit von Shelling (1960) zurück. Einen Überblick über bekannte Studien in diesem Zusammenhang findet der Leser in Camerer (2003), eine formale Präsentation dieser Theorie gibt Casajus (2001).

Ausgangspunkt für diesen Ansatz bilden bestimmte Strategien, die von Menschen als *psychologisch prominent* bzw. *fokal* wahrgenommen und deshalb gewählt werden. Ein bekanntes Beispiel hierfür sind Strategiewahlen in so genannten *Matching Games*.<sup>107</sup> Die *Auszahlungsstruktur* derartiger Spiele ist in Abbildung 3.24 dargestellt. Dabei sind die Strategien *A* und *B* „gelabelt“,

		Spieler 2	
		<i>A</i>	<i>B</i>
Spieler 1	<i>A</i>	(1,1)	(0,0)
	<i>B</i>	(0,0)	(1,1)

Abbildung 3.24: Auszahlungen in Matching Games

d. h. diese präsentieren einen (abstrakten) Umweltzustand, welcher für Menschen als „prominent“ wahrgenommen wird: Identifiziert *A* etwa das Ergebnis „Kopf“ und *B* das Ergebnis „Zahl“ eines Münzwurfs, dann koordinieren sich 86,7% von Studenten in einer Studie von Mehta et al. (1994) im Gleichgewicht (*A, A*). Die Ursache hierfür mag in dem Fakt begründet sein, dass die Abbildung einer Persönlichkeit bzw. eines berühmten Gebäudes als „ästhetischer“ wahrgenommen und dies auch bei anonymen Gegenspielern antizipiert wird, als die (formale) Angabe des Geldwertes.

Somit stellt sich zunächst für das BOS-Spiel die Frage, ob man etwa in der Kombination (*G, V*) mit Hilfe eines *Fokalkpunktansatzes* erklären kann, warum das für den Verlierer bessere Gleichgewicht gespielt wird. Die *Antwort* hierauf kann eigentlich nur „*nein*“ lauten, da die Präsentation der Strategien völlig abstrakt durch Wahl von Strategie „*A*“ bzw. „*B*“ präsentiert wurde und ohne Berücksichtigung des „Ereignisses“, das für den Verlierer bessere Gleichgewicht zu spielen, nicht (direkt) über prominente Strategien argumentiert werden kann.<sup>108</sup>

Noch drastischer muss ein *Fokalkpunktansatz* zur Erklärung des Spielerverhaltens in der Studie zum *ME-Spiel abgelehnt* werden: Hier wurde ja gerade (insbesondere bei Männern) beobachtet, dass *Verlierer in den Markt eintre-*

<sup>107</sup>Eine Anzahl von experimentellen Studien zu Matching Games präsentieren etwa Mehta et al. (1994).

<sup>108</sup>Dies schließt natürlich nicht aus, den Fokalkpunktansatz insbesondere bei der Motivation von „Prominenz“ bestimmter Strategien in der Art zu erweitern, dass bei der *Genese* von Fokalkpunkten insbesondere z. B. *Fairnessüberlegungen* bezüglich resultierender Auszahlungen berücksichtigt werden. Ein derartiges Vorgehen würde aus spieltheoretischer Sicht die Entwicklung einer alternativen Gleichgewichtsauswahltheorie bedeuten.

ten, während *Gewinner nicht in den Markt eintreten*. Dies bedeutet, dass die Spieler *unterschiedliche Strategien spielen*. Darüber hinaus zeigen neuere Studien<sup>109</sup> in dynamischen Kontexten, dass die Genese von Fokuspunkten bei „neutraler“ Strategiebezeichnung in Koordinationsspielen gerade erst durch wiederholtes Spielen mit Feedback erreicht werden kann<sup>110</sup>. Weder in den Experimenten zum BOS-Spiel noch in denen zum ME-Spiel gab es aber eine Information über die Strategiewahlen der Gegenspieler.

Als Letztes soll sich noch kurz mit dem Problem beschäftigt werden, welchen Einfluss der Umstand auf eine spieltheoretische Analyse hätte, wenn die Spieler *nur ihren Gegenspielern begrenzte Rationalität* unterstellen. So zeigt etwa Weizsäcker (2003) mit Hilfe eines so genannten *Quantal-Response-Equilibrium*-Ansatzes<sup>111</sup> für verschiedene experimentelle Studien, dass die Personen die Rationalität ihrer Gegenspieler unterschätzen.

Unterstellt man etwa im BOS-Spiel, dass die Spieler ihre *eigenen Auszahlungen untransformiert* wahrnehmen und vorherige Gewinn- oder Verlust Erfahrung nicht aggregieren, für die *Gegenspieler aber* unterstellt wird, dass diese vorherige *Gewinne oder Verluste mit zukünftigen Auszahlungen verrechnen* und entsprechend *transformieren*, dann könnte eine auf Risikodominanz basierte Analyse zu Prognosen führen, die auch mit dem beobachteten Verhalten konsistent sind. Man müsste für diese Analyse die entsprechenden Nash-Produkte berechnen.<sup>112</sup>

Für die *auf Perfektheit basierten Analysen* im ME-Spiel hätte dies allerdings *keine Konsequenz*: Perfektheit wird nämlich mit der *eigenen* Auszahlungserwartung bei einer kleinen Perturbation begründet.<sup>113</sup> Im Falle rationaler Spieler und bezüglich Perfektheit ergäben sich hier dieselben Vorhersagen wie im untransformierten ME-Spiel, d. h. die Spieler müssten (jetzt unter Berücksichtigung der Transformation der jeweils anderen Spieler) eine *gemischte Strategie* spielen. Dies ist natürlich nicht konsistent mit dem beobachteten Verhalten.

---

<sup>109</sup>Siehe etwa Crawford und Haller (1990) und Kramarz (1996).

<sup>110</sup>Durch Lerneffekte „einigen“ sich die Spieler auf eine bestimmte Strategiekombination.

<sup>111</sup>Siehe auch McKelvey und Palfrey (1995).

<sup>112</sup>Siehe auch Abschnitt 3.3.2.

<sup>113</sup>Siehe Abschnitt 3.3.1.



### 3.9 Vergleiche mit anderen experimentellen Studien

Ein *direkter Vergleich* mit anderen experimentellen Studien ist für die in dieser Arbeit untersuchten Spiele *schwierig*, da es bisher keine Experimente zum Koordinationsverhalten oder dem Markteintrittsverhalten nach Gewinn- oder Versusterfahrungen gibt.<sup>114</sup>

Allerdings existieren eine Anzahl von experimentellen Untersuchungen zum Verhalten in BOS- und ME-Spielen, so dass der Versuch unternommen werden kann, die eigenen Resultate *bezüglich spieltheoretischer Kenngrößen*, wie etwa *dem Koordinationsgrad, der Anzahl von Markteintritten* und *dem erwarteten Payoff* in Beziehung zu setzen.

#### 3.9.1 Koordinationsgrad und erwarteter Payoff in Studien zum BOS-Spiel

In diesem Unterabschnitt soll ein Vergleich mit anderen experimentellen Studien bezüglich des *Koordinationsgrades* und den damit verbundenen *erwarteten Auszahlungen* vorgenommen werden. Dies kann insbesondere dann geschehen, wenn die in anderen Studien verwendeten Auszahlungsmatrizen durch positiv lineare Transformationen und/oder geeignete Umnummerierung der Strategie- und/oder Spielerindices auf ein BOS-“Standardspiel“ mit dem Auszahlungsverhältnis von  $y : x$  wie  $3 : 1$  (wie in Studie 3 dieser Arbeit, vgl. Abschnitt 3.5) dargestellt werden können. Für das BOS-Standardspiel in

		Spieler $j$	
		$s_j^i$	$s_j^j$
Spieler $i$	$s_i^i$	(3,1)	(0,0)
	$s_i^j$	(0,0)	(1,3)

Abbildung 3.25: BOS-Spiel mit spezifischem Auszahlungsverhältnis.

Abbildung 3.25 ergibt sich für die Wahrscheinlichkeit  $\tilde{q}_i$  für das Spielen von  $\tilde{s}^i = (s_i^i, s_j^i)$  bzw. für die Wahrscheinlichkeit  $\tilde{q}_j$  für das Spielen von  $\tilde{s}^j = (s_i^j, s_j^j)$  im gemischten Gleichgewicht:  $\tilde{q}_i = \tilde{q}_j = 0.75$ .

Daraus resultiert bei mehrfacher Rundenzahl ein erwarteter *Koordinationsgrad* von  $0.75 \cdot 0.25 = 0.1875$ . Die Strategien sollten im Mittel also von den

<sup>114</sup>Nach bestem Wissen des Autors.

Spielern so gewählt sein, dass in 18.75% der Fälle eine Koordination im jeweiligen Gleichgewicht stattfindet.<sup>115</sup> Dieser Koordinationsgrad impliziert zusätzlich eine durchschnittliche *erwartete Auszahlung* von  $0.1875 \cdot (3+1) = 0.75$  Einheiten (einer zugrunde gelegten Währung) pro Spieler.

Die im Folgenden betrachteten *Studien* haben dabei die folgenden *Gemeinsamkeiten*:

- Die Teilnehmer konnten in diesen Studien lediglich *implizit mischen*<sup>116</sup>, d. h. diese mussten sich in den verschiedenen Runden jeweils für eine der beiden reinen Strategien entscheiden.
- Mögliche Strategien und Auszahlungen waren allen Teilnehmern bekannt und nach einer gespielten Runde gab es *kein Feedback*, d. h. die Spieler wurden nicht über die Strategiewahl oder das Ergebnis der Vorrunde(n) informiert.
- Grundlage der eigentlichen BOS-Spiele waren Auszahlungen gemäß Abbildung 3.26, welche auf ein BOS-Standardspiel in Abbildung 3.25 „normiert“ werden können.

		Spieler $j$	
		$s_j^i$	$s_j^j$
Spieler $i$	$s_i^i$	(0,0)	(200,600)
	$s_i^j$	(600,200)	(0,0)

Abbildung 3.26: BOS in Cooper et al. (1994) und Straub (1995).

In den Arbeiten von Cooper et al. (1990), Cooper et al. (1994) und Straub (1995) werden eine Reihe experimenteller Studien zum BOS-Spiel in verschiedenen Varianten präsentiert, deren Resultate bezüglich des Koordinationsgrades<sup>117</sup> und dadurch implizierter erwarteter Auszahlungen in Tabelle 3.12 bzw. 3.13 im Zusammenhang mit den Ergebnissen für spezifische Kombinationen von Experiment 3 dargestellt sind. Die erste Spalte identifiziert dabei das jeweilige *Experiment*, dessen Spezifität in Form von *Treatment-Manipulationen* in der zweiten Spalte skizziert wird. Die Angabe der *Strategiewahlen* (des *Koordinationsgrades*) erfolgt in Tabelle 3.12 jeweils für das

<sup>115</sup>Gleichzeitig impliziert dies eine *Diskoordination* von 62.5%.

<sup>116</sup>Beziehungsweise dem BOS-Spiel „fern bleiben“.

<sup>117</sup>Diese zusammenfassenden Resultate sind der Übersicht in Camerer (2003), S. 355, entnommen.

Tabelle 3.12: Koordinationsgrade in BOS-Spielen.

Studie	Manipulation	$\tilde{s}^i$	$\tilde{s}^j$	gesamt	Anzahl
A: Cooper et al.	keine ( $i = j = N$ )	31 (19%)	37 (22%)	68 (41%)	165
B: Straub	keine ( $i = j = N$ )	13 (14%)	24 (26%)	37 (40%)	90
C: Experiment 3	keine ( $i = j = N$ )	55 (25%)	56 (25%)	37 (50%)	224
D: Experiment 3	$i = G$ $j = N$	30 (13%)	62 (28%)	92 (41%)	224
E: Experiment 3	$i = L$ $j = G$	91 (41%)	24 (11%)	115 (52%)	224
F: Experiment 3	$i = L$ $j = N$	94 (42%)	33 (15%)	115 (57%)	224
G: Cooper et al.	Outside Option „300“ (33)	119 (90%)	0 (0%)	119 (90%)	165
H: Cooper et al.	Outside Option „100“ (3)	102 (63%)	5 (3%)	107 (66%)	165
I: Cooper et al.	“Cheap Talk“ One-Way	158 (96%)	1 (1%)	159 (97%)	165
J: Cooper et al.	“Cheap Talk“ Two-Way	47 (28%)	49 (30%)	96 (58%)	165
K: Cooper et al.	Sequentielle Entscheidung	103 (62%)	6 (4%)	159 (66%)	165

Tabelle 3.13: Erwartete Auszahlungen in BOS-Spielen.

Studie	Manipulation	Spieler $i$	Spieler $j$	gesamt
A: Cooper et al.	keine ( $i = j = N$ )	0.79	0.85	1.64
B: Straub	keine ( $i = j = N$ )	0.68	0.92	1.6
C: Experiment 3	keine ( $i = j = N$ )	1	1	2
D: Experiment 3	$i = G$ $j = N$	0.67	0.97	1.64
E: Experiment 3	$i = L$ $j = G$	1.34	0.74	2.08
F: Experiment 3	$i = L$ $j = N$	1.41	0.87	2.28
G: Cooper et al.	Outside Option „300“ (33)	2.7	0.9	3.6
H: Cooper et al.	Outside Option „100“ (3)	1.92	0.72	2.64
I: Cooper et al.	“Cheap Talk“ One-Way	2.98	0.99	3.97
J: Cooper et al.	“Cheap Talk“ Two-Way	1.14	1.18	2.32
K: Cooper et al.	Sequentielle Entscheidung	1.9	0.74	2.64

Spiele der Gleichgewichtsstrategie für  $\tilde{s}^i$  bzw.  $\tilde{s}^j$  für das BOS-Standardspiel mit Auszahlungen gemäß Abbildung 3.25. Für Studie 3 basiert diese insbesondere auf den *empirischen Ergebnissen*, welche auf den Ausspielungen durch den Computer beruhen. Die *Gesamtanzahl aller Strategiewahlen* ist dann in der letzten Spalte angegeben. In Tabelle 3.13 ist die *Summe der erwarteten Auszahlungen* für Spieler  $i$  (dritte Spalte) und Spieler  $j$  (vierte Spalte) in der letzten Spalte angegeben.

Die Studien A, B und C präsentieren Strategiewahlen in einem *nicht manipulierten* BOS-Spiel. Der Gesamtkoordinationsgrad kommt dem der *normativen Prognose* (von 37.5%) recht *nahe*. Interessanterweise suggerieren die Ergebnisse für Experiment 3, eine simple „Fifty-Fifty“-Randomisierung, was mit den Balkendiagrammen in Abbildung 3.10 im Abschnitt 3.5.4 korrespondiert.<sup>118</sup>

Treatment-Manipulationen in Form vorheriger *Gewinn- oder Verlusterfahrungen* (D bis F) führen vor allem zu einer *Koordinationsänderung* zugunsten der, auf Risikodominanz basierten, Gleichgewichtsauswahl. Wie auch im nicht manipulierten Fall, liegen die erwarteten Auszahlungen über dem durch das gemischte Nash-Gleichgewicht implizierten von 1.5.

In Experiment G hatte jeweils einer der beiden Teilnehmer die Wahl, an dem BOS-Spiel teilzunehmen oder eine so genannte *Outside-Option* zu wählen. Dabei handelt es sich um eine sichere Auszahlung von 300 (für das Spiel in Abbildung 3.26). Bei einer Outside-Option von 300 impliziert das spieltheoretische Verfeinerungskonzept der *Vorwärtsinduktion*, dass beide Spieler im BOS-Spiel dasjenige Gleichgewicht wählen, dass die höhere Auszahlung für den Spieler mit dieser Option impliziert.<sup>119</sup> Vernachlässigt man, dass 33 Entscheidungen für die Outside-Option getroffen wurden, dann scheint sich diese spieltheoretische Prognose mit 90% Koordinationserfolg und der dritthöchsten erwarteten Gesamtauszahlung in hohem Maße zu bestätigen. In Experiment H hatten beide Spieler eine Outside-Option von 100, was die Anwendung des Verfeinerungskonzeptes „Vorwärtsinduktion“ ausschließt. Interessanterweise fiel auch hier in hohem Maße die Wahl auf das für den (im Originalspiel in Abbildung 3.26) Zeilenspieler bessere Gleichgewicht.<sup>120</sup>

In den Experimenten I und J wurde der *Einfluss von Kommunikation* unter-

<sup>118</sup>Der Computer spielt hier reine Strategien mit 50%-iger Wahrscheinlichkeit aus.

<sup>119</sup>Siehe S. 355-356 in Camerer (2003).

<sup>120</sup>Bemerkung: In Experiment 3 konnten keine signifikanten Unterschiede im Zeilen- bzw. Spaltenspielerverhalten nachgewiesen werden.

sucht. Dabei bedeutet die Phrase *One-Way Cheap Talk*, dass *einer der beiden Spieler* in einem BOS-Spiel eine (einseitige) *unverbindliche Aussage* darüber treffen kann, welche Strategie dieser wählen würde. Diese Aussagen werden von den Gegenspielern offensichtlich als sehr glaubhaft eingestuft und waren es auch, wie ein Koordinationserfolg von 96% mit der höchsten erwarteten Gesamtauszahlung von 3.97 belegen. Allerdings werden diese Effekte reduziert, wenn man *beiden Spielern* gestattet, unverbindliche Vorankündigungen zu machen (Experiment J). Offensichtlich beharren diese in hohem Maße auf der für sie besseren Gleichgewichtsstrategie<sup>121</sup>, was den Koordinationserfolg vermindert. Dieser ist allerdings immer noch deutlich größer als im unmanipulierten Fall.

In der experimentellen Literatur gibt es eine Reihe von Untersuchungen, die zeigen, dass es von Vorteil sein kann, wenn man *seine Strategie als Erster* wählen kann<sup>122</sup>. Inwiefern der Umstand einer *sequentiellen Strategiewahl*<sup>123</sup> einen Einfluss hat, zeigen die Resultate von Experiment K: Ein Koordinationserfolg von 62.5% mit einer korrespondierenden Auszahlung von 1.9 offenbart einen deutlichen „*First-Mover-Advantage*“.

## Zusammenfassung

Die Analyse des Koordinationsverhaltens und der Vergleich mit anderen Studien führt zu folgenden Resultaten:

- Vorherige Gewinn- und Verlusterfahrungen in asymmetrischen Spielerkombinationen eines BOS-Spiels erweisen sich als *Koordinationshilfe* für das Spielen bestimmter Gleichgewichte. Dabei koordinieren sich die Spieler in solchen Gleichgewichten<sup>124</sup>, die auf dem Aggregationsmodell im Zusammenhang mit der Verhaltensannahme A1 und auf Risikodominanz basierten Prognosen resultieren.
- Der dadurch *erreichte Koordinationsgrad* (erwartete Gesamtauszahlungen) ist *mit den Effekten anderer Manipulationen vergleichbar*.<sup>125</sup>

<sup>121</sup>Siehe auch S. 357 in Camerer (2003).

<sup>122</sup>Die Ergebnisse einiger solcher Studien findet man (auch) in Camerer (2003), Abschnitt 7.2.5.

<sup>123</sup>Also ein Spieler „darf“ vor dem Gegenspieler seine Strategiewahl treffen.

<sup>124</sup>Aus einer aggregierten Sicht.

<sup>125</sup>Siehe Experimente H, J und K in den Tabellen 3.12 und 3.13.

### 3.9.2 Eintrittsverhalten und erwarteter Payoff in Studien zum ME-Spiel

Wie eingangs im Abschnitt 3.6 erwähnt, findet man in der Literatur umfangreiche experimentelle Studien zum Simultanen Markteintrittsspiel.<sup>126</sup> Die *Auszahlungsfunktionen* sind dabei *Spezialfälle* folgenden Spiels: Für einen Spieler  $j \in \{1, \dots, n\}$  mit *Strategiemenge*  $S_j = \{0, 1\}$  („0“: kein Markteintritt, „1“: Markteintritt) resultieren für die *Strategiekombination*  $s = (s_1, \dots, s_n)$  mit  $s_j \in S_j$  *Auszahlungen*  $H_j$  durch

$$H_j(s) = \begin{cases} k + z \cdot (c - m(s)) & \text{für } s_j = 1 \\ v & \text{für } s_j = 0. \end{cases} \quad (3.73)$$

Dabei entspricht  $m(s) = \sum_{j=1}^n s_j$  der *Anzahl* der aktuell in den Markt eintretenden Spieler und  $c > 0$  präsentiert eine (beschränkte) *Marktkapazität*. Die *Konstanten*  $k$ ,  $v$  und  $z$  können ebenfalls ökonomisch interpretiert werden. So kann  $k < 0$  etwa *spezifische Kosten eines Markteintritts*,  $v \in \mathbb{R}$  *spezifische Gewinne* (Kosten) *bei Nichteintritt* und  $z > 0$  etwa ein *Renditefaktor* repräsentieren.

Mit Hilfe der *Gleichgewichtsstrategie*  $\tilde{q}_j$  im vollständig gemischten Gleichgewicht<sup>127</sup>

$$\tilde{q}_j = \frac{z(c-1) + k - v}{z(n-1)} \quad (3.74)$$

kann im Allgemeinen die *erwartete Anzahl von Markteintritten*  $E$  durch

$$E(n) = n \cdot \tilde{q}_j = n \cdot \frac{z(c-1) + k - v}{z(n-1)} \quad (3.75)$$

berechnet werden. In Tabelle 3.14 sind erwartete Anzahlen von Markteintritten  $E$  und der Mittelwert der tatsächlich beobachteten Anzahl  $B$  für verschiedene experimentelle Untersuchungen dargestellt.<sup>128</sup> Die Konstanten waren dabei mit  $k = 1$  und  $z = 2$  gewählt. Die Manipulation erfolgte durch die *Variation der Marktkapazität* bzw. durch die Variation von  $v$ .

<sup>126</sup>Für einen Überblick siehe insbesondere auch Duffy und Hopkins (2005).

<sup>127</sup>Zur Herleitung des gemischten Gleichgewichts siehe Rapoport et al. (1998). Für eine Diskussion bezüglich der Existenz weiterer gemischter Gleichgewichte (insbesondere falls  $k = v$  gilt) bzw. der daraus resultierenden Konsequenz aber auch Duffy und Hopkins (2005).

<sup>128</sup>Auf die Angabe der damit verbundenen erwarteten Auszahlungen soll an dieser Stelle verzichtet werden, da sich diese für unterschiedliche  $k$ ,  $z$  und  $v$  voneinander unterscheiden und somit keine Aussagekraft besitzen.

Tabelle 3.14: Erwartete und beobachtete Eintritte in ME-Spielen.

A: Sundali et al. (1995)	
<i>Manipulation</i>	
$v = 1$	$c : 1 \quad 3 \quad 5 \quad 7 \quad 9 \quad 11 \quad 13 \quad 15 \quad 17 \quad 19$ $E : 0 \quad 2.1 \quad 4.2 \quad 6.3 \quad 8.4 \quad 10.5 \quad 12.6 \quad 14.7 \quad 16.8 \quad 18.9$ $B : 1.0 \quad 3.7 \quad 5.1 \quad 7.4 \quad 8.7 \quad 11.2 \quad 12.1 \quad 14.1 \quad 16.5 \quad 18.2$
<i>Manipulation</i>	B: Seale und Rapoport (2001)
Strategie- Methode	$c : 1 \quad 3 \quad 5 \quad 7 \quad 9 \quad 11 \quad 13 \quad 15 \quad 17 \quad 19$ $E : 0 \quad 2.1 \quad 4.2 \quad 6.3 \quad 8.4 \quad 10.5 \quad 12.6 \quad 14.7 \quad 16.8 \quad 18.9$ $B : 1.9 \quad 4.1 \quad 5.1 \quad 6.8 \quad 7.6 \quad 10.9 \quad 12.5 \quad 13.5 \quad 15.1 \quad 16.0$
$v = 1$	C: Rapoport et al. (1998)
<i>Manipulation</i>	
$v = -6$	$c : 1 \quad 3 \quad 5 \quad 7 \quad 8 \quad 9 \quad 10 \quad 12 \quad 14 \quad 16$ $E : 3.7 \quad 5.8 \quad 7.9 \quad 10.0 \quad 11.1 \quad 12.1 \quad 13.2 \quad 15.3 \quad 17.4 \quad 19.5$ $B : 5.2 \quad 9.0 \quad 8.6 \quad 10.2 \quad 10.8 \quad 12.8 \quad 12.2 \quad 14.6 \quad 16.0 \quad 18.4$
$v = 6$	$c : 4 \quad 6 \quad 8 \quad 10 \quad 11 \quad 12 \quad 14 \quad 16 \quad 18 \quad 20$ $E : 0.5 \quad 2.6 \quad 4.8 \quad 6.8 \quad 7.9 \quad 8.9 \quad 11.1 \quad 13.2 \quad 15.3 \quad 17.4$ $B : 5.2 \quad 9.0 \quad 8.6 \quad 10.2 \quad 10.8 \quad 12.8 \quad 12.2 \quad 14.6 \quad 16.0 \quad 18.4$



In der Studie von Seale und Rapoport (2001) wurde die so genannte *Strategiemethode* angewendet. Bei dieser Methode entscheiden die Teilnehmer nicht rundenweise, sondern müssen für gegebene Marktkapazitäten vorher festlegen, ob sie in den Markt eintreten.<sup>129</sup>

Weitere Experimente zum Simultanen Markteintritt findet man beispielsweise in Rapoport et al. (2000), Rapoport et al. (2002b), Rapoport et al. (2002a) und Erev und Rapoport (1998). Diese unterscheiden sich von den Studien in Tabelle 3.14 insofern, als dass die Versuchspersonen dort (verschiedene) *Informationen über die jeweiligen Rundenergebnisse* erhielten und somit *Lerneffekte* möglich waren.

Gemeinsames *Hauptresultat* aller erwähnten experimentellen Untersuchungen zum ME-Spiel ist, dass bei *kleinen Marktkapazitäten mehr Spieler* und bei *großen Marktkapazitäten weniger Spieler* eintraten, als durch das normative Gleichgewicht postuliert wird.

Damit stellt sich für das in dieser Arbeit beschriebene Experiment zum Simultanen Markteintritt die Frage, inwiefern die Treatment-Manipulationen in Form vorheriger Gewinn- und Verlusterfahrungen das Markteintrittsverhalten und dadurch bedingt die erwarteten Auszahlungen beeinflussen.

Ausgangspunkt sei dazu zunächst die Kombination  $(N, N, N)$  in Abbildung 3.27. Die auf den tatsächlichen Strategiewahlen basierende mittlere erwartete Anzahl von Markteintritten liegt mit 1.24 unter der, durch das normative Gleichgewicht implizierten von 1.5. Die *Präsenz eines Verlierers* erhöht die Anzahl erwarteter Markteintritte deutlich und *zwei Verlierer* erhöhen die Anzahl auf 1.51 bzw. 1.85. Dies korrespondiert dann natürlich mit *sinkenden erwarteten Auszahlungen*<sup>130</sup>, siehe Tabelle 3.28. Sind *zwei Verlierer* in einer Spielerkombination, dann sind die *erwarteten Auszahlungen* sogar *negativ*.

Ganz anders ist die Situation, wenn in Spielerkombinationen *Gewinner* hinzukommen. Abbildung 3.29 zeigt, dass dann die *Anzahl erwarteter Markteintritte abnimmt*. Für den *erwarteten Payoff* hat dies zur Konsequenz, dass dieser mit zunehmender Gewinnerbeteiligung in Spielerkombinationen *zunimmt* (siehe Abbildung 3.30).

---

<sup>129</sup>Diese Prozedur geht auf Selten (1967) zurück und stellt sicher, dass alle Spieler dieselben Informationen im jeweiligen Informationsbezirk besitzen.

<sup>130</sup>Diese basieren wieder auf den tatsächlichen Strategiewahlen.

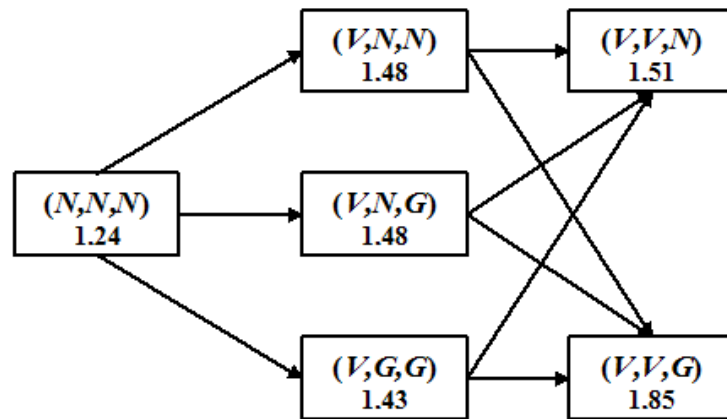


Abbildung 3.27: Markteintritte bei Präsenz von Verlierern.

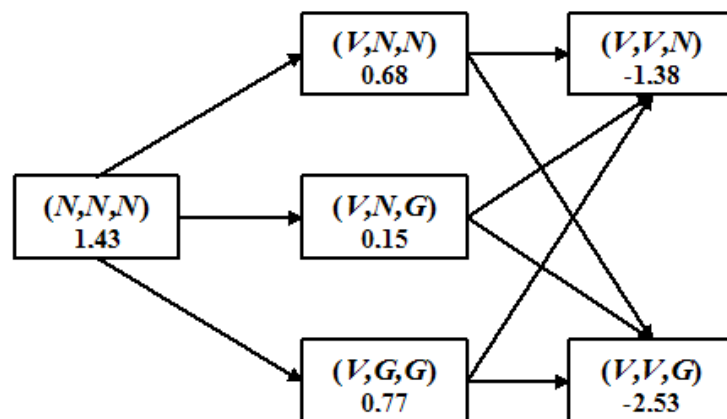


Abbildung 3.28: Erwartete Auszahlungen bei Präsenz von Verlierern.

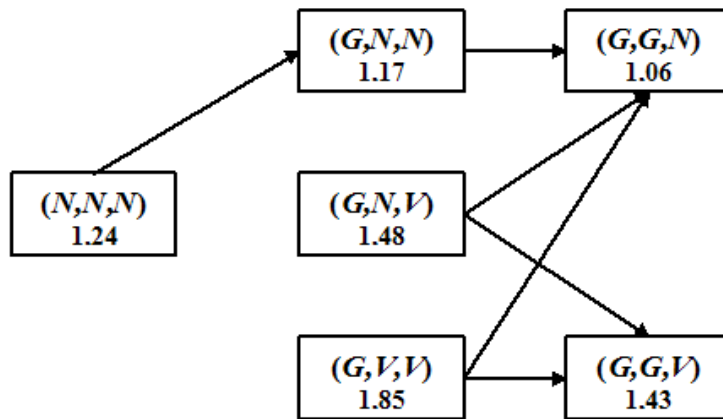


Abbildung 3.29: Markteintritte bei Präsenz von Gewinnern.

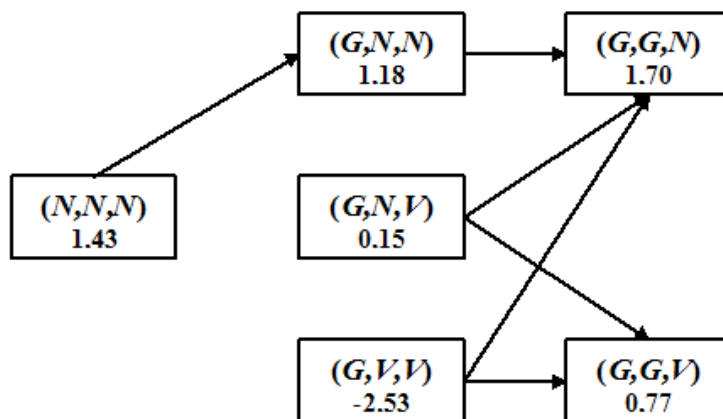


Abbildung 3.30: Erwartete Auszahlungen bei Präsenz von Gewinnern.

## Zusammenfassung

Die Analyse des Markteintrittsverhaltens und der Vergleich mit anderen Studien führt zu folgenden Resultaten:

- Vorherige Gewinn- und Verlusterfahrungen in asymmetrischen Spielerkombinationen eines ME-Spiel *beeinflussen* das *Markteintrittsverhalten*. Dabei kann (aus einer aggregierten Sicht) ein Markteintrittsverhalten beobachtet werden, das mit dem Aggregationsmodell im Zusammenhang mit der Verhaltensannahme A1 und Perfektheit korrespondiert.
- Dabei sind *Gewinnermärkte unterfrequentiert*, was *positive* erwartete *Auszahlungen* impliziert.
- *Verlierermärkte* sind *überfrequentiert*, was *kleine positive* oder sogar *negative* erwartete *Auszahlungen* für die Spieler bedeutet.

### 3.9.3 Explizites Randomisieren

Wie vorher bereits erwähnt, unterscheidet man in der Literatur zwischen *impliziter* und *expliziter Randomisierung*. Erstere bedeutet, dass die Versuchspersonen lediglich *reine Strategien* wählen dürfen, während letztere die Angabe von *Wahrscheinlichkeitsverteilungen* gestattet.

Während die Fähigkeit des Menschen, Zufall(sfolgen) in Form reiner Strategiewahlen zu erzeugen, in der experimentellen Forschung durch eine Reihe von Studien untersucht wurde<sup>131</sup>, ist „Mischen“ in Form tatsächlicher Verteilungen bisher nur bedingt Gegenstand der Forschung gewesen. Drei interessante Studien seien an dieser Stelle kurz erwähnt.<sup>132</sup>

So konnten die Probanden in der Studie von Bloomfield (1994) in einem  $2 \times 2$ -Spiel insgesamt 50 Anteile auf die beiden Strategien aufteilen und der so resultierende erwartete Payoff wurde ausbezahlt. Das Experiment hatte zwei Treatments, in einem wurden die Probanden über die Auszahlungen der Vorrunde informiert, im anderen nicht. Zwar *randomisierten* die Teilnehmer *im Mittel gemäß des gemischten Gleichgewichts*, interessanterweise bewegten sich die Angaben *in der Gruppe mit Information* aber *systematisch weg von der Gleichgewichtsverteilung*.

<sup>131</sup>Einen hervorragenden Überblick gibt Camerer (2003) in Kapitel 3.

<sup>132</sup>Für zwei weitere Arbeiten in diesem Zusammenhang siehe etwa Anderhub, Engelmann und Güth (2002) und Schade, Krantz, Schröder und Krebs (2005a).

In Ochs (1995) spielten die Teilnehmer drei  $2 \times 2$ -Spiele, die so konstruiert waren, dass der Zeilenspieler die Wahrscheinlichkeit für das Spielen der ersten Strategie im jeweiligen Spiel vermindern sollte, falls dieser das gemischte Nash-Gleichgewicht wählt. Auch hier konnten *im Mittel normative Tendenzen* bestätigt werden.<sup>133</sup> Allerdings war der *Anteil reiner Strategiewahlen unverhältnismäßig hoch*.

Die Implementierung des Zufallsmechanismus bei Shachat (2002) erfolgte, indem die Probanden die Strategien präsentierende Spielkarten in einem Verhältnis zu bestimmen hatten. Der Computer mischte dann den aus insgesamt 100 Karten bestehenden Stapel und die oberste Spielkarte war für die Strategiewahl relevant. Insgesamt gab es in dieser Studie drei Intergruppenmanipulationen: Keine Information über die Vorrunde, Information über das Ergebnis der Vorrunde und Information über das Ergebnis und die Strategiewahl des Gegenspielers in der Vorrunde. Auch hier spielten die Teilnehmer in allen drei Gruppen „nahezu“<sup>134</sup> das gemischte Nashgleichgewicht. Allerdings spielten über 10% der Teilnehmer *fast ausschließlich reine Strategien*.

Colin Camerer<sup>135</sup> fasst diese Resultate wie folgt zusammen: „Most subjects do not choose mixtures that correspond to the Mixed Nash Equilibrium prediction, and a large fraction often use pure strategies... However, population mixtures across subjects are close to the Mixed Nash Equilibrium predictions.“

Wenn man sich jetzt das Spielerverhalten in den Experimenten 3 und 4 vergegenwärtigt, dann lassen sich insbesondere in den symmetrischen Spielerkombinationen *für Männer ähnliche Tendenzen* ausmachen: Gewinner im ME-Spiel (siehe auch Tabelle 3.11) mischen im Mittel gemäß des Nash-Gleichgewichts, dies wird allerdings ausschließlich durch reine Strategiewahlen verursacht. Wenn man vom „Rationalverhalten“ absieht, wird auch für alle anderen symmetrischen Kombinationen (siehe Tabellen 3.3, 3.6 und 3.9) und für Frauen und Männer gleichermaßen ersichtlich, dass mittlere Strategiewahlen (vor allem) durch Mittelwerte über reine Strategiewahlen entstehen. *Mischen* im Sinne der Angabe einer Gleichgewichtsverteilung *findet nicht statt*.

---

<sup>133</sup>Darüber hinaus „fittete“ ein Ansatz gemäß des *Quantal Response Equilibrium* in zwei Spielen beachtlich gut.

<sup>134</sup>Es gab in dieser Studie teilweise geringfügige (aber signifikante) Abweichungen.

<sup>135</sup>Siehe Camerer (2003), S.142.

# Kapitel 4

## Implikationen für die Praxis

Fasst man die *Hauptresultate* der vier durchgeführten Studien zusammen, dann konnte die *Hypothese*, dass *Gewinn- und Verlusterfahrungen mit zukünftigen Auszahlungen aggregiert* werden, in allen Fällen *validiert* werden. Darüber hinaus müssen *die Theorien*, *welcher auf dieser basieren* im Vergleich zu solchen theoretischen Ansätzen, welche die segregierte Verarbeitung vorheriger Gewinn- und Verlusterfahrungen mit zukünftigen Auszahlungen postulieren, *als die besseren angesehen* werden.

Für die betrachteten *Entscheidungssituationen* wurde zunächst ein *Aggregationsmodell*, basierend auf dem Axiomensystem für die CPT von Wakker und Zank (2002) *entwickelt*, in dessen theoretischen Rahmen die *Anreizkompatibilität* des MTK- und MBDM-Mechanismus *nachgewiesen* wurde. Mit Hilfe dieser Mechanismen und der *Messmethodik* von Tversky und Kahneman (1992) in Verbindung mit der *Tradeoff-Methode* von Wakker und Deneffe (1996) bzw. des *Tradeoff-Verfahrens* von Abdellaoui (2000) konnte sowohl für *Entscheider mit Verlusterfahrung* als auch *Entscheider mit Gewinnerfahrung* in zwei Experimenten aufgezeigt werden, dass deren *Ergebniswahrnehmung im Gewinn- und Verlustbereich* durch *verschiedene Wertfunktionen* abgebildet werden kann und diese ihre *vorherigen Verluste und Gewinne nicht mit ihrem Ausgangsvermögen konsolidieren*, sondern diese vielmehr *mit zukünftigen Auszahlungen aggregieren*. Die *Risikowahrnehmung in Form einer Wahrscheinlichkeitsgewichtung* (gemäß der CPT) scheint dabei eher *von geringerer Bedeutung* zu sein.

Für die *Entscheidungssituationen mit strategischer Interaktion* der Akteure wurde für die spezielle Klasse von *nichtkooperativen Spielen mit vollständiger Information* das *begrenzt rationale Verhalten* in Form der *Aggregation* und *Transformation* gemäß einer im Gewinn- und Verlustbereich unterschiedli-

chen Ergebniswahrnehmung *in der Form von Auszahlungstransformationen* theoretisch *berücksichtigt*. Zusätzlich wurde das empirisch als evident anzusehende Konzept der *Sozialen Projektion* in die Modellierung *integriert*. In einem *Battle-Of-The-Sexes-Spiel* mit zwei perfekten Gleichgewichten bedingte eine *auswahltheoretische Analyse* im Sinne von Harsanyi und Selten (1988), dass zusätzlich das Konzept der *Risikodominanz* anzuwenden war, um die *eindeutige Auswahl eines Gleichgewichts* zu prognostizieren. Für das ebenfalls empirisch getestete (simultane) *Markteintrittsspiel* mit multiplen Gleichgewichten musste das *Konzept der Perfektheit* sowie in einigen Spielerkombinationen auch das Risikodominanz-Kriterium im Sinne von Harsanyi und Selten (1988) bei der auswahltheoretischen Analyse *einbezogen* werden. Die *Resultate* für beide experimentelle Studien *suggestieren*, dass die *Modellannahmen* in Verbindung mit den auswahltheoretischen Konzepten vor allem für *männliche Teilnehmer* als validiert angesehen werden müssen. Dabei korrespondierte das Verhalten von *Männern* (und zwar Gewinnern, Verlieren als auch Spielern ohne Erfahrung) mit einer *konkaven Wertfunktion* im Gewinn- und einer *konvexen Wertfunktion* im Verlustbereich, der Annahme über die *Aggregation* vorheriger Gewinn- und Verlusterfahrungen mit den Auszahlungen eines Spiels, *Sozialer Projektion* und der *Gleichgewichtsauswahl* gemäß der Harsanyi und Selten (1988)-Auswahltheorie. Das *Verhalten der Frauen* unterschied sich insofern, als dass dieses eher mit einer *im Gewinnbereich konvexen* und einer *im Verlustbereich konkaven Wertfunktion* im Einklang steht bzw. „*rational*“ im Sinne des vollständig gemischten Nash-Gleichgewichts zu sein scheint.

Will man jetzt die in den Laborexperimenten gefundenen *Resultate auf reale* (private, betriebswirtschaftliche bzw. ökonomische) *Probleme übertragen*, dann ist man mit *zwei Hauptrestriktionen* konfrontiert. Die erste betrifft den Umstand, dass die betreffenden *Akteure* die *Gewinn- und Verlusterfahrungen* (vermutlich) auch *selbst machen müssen*, damit begrenzt rationale Effekte in Form der Aggregation vorheriger Gewinn- und Verlusterfahrungen mit folgenden Auszahlungen nachweisbar sind. Damit betreffen mögliche Implikationen für die Realität vor allem Privatpersonen, Unternehmer bzw. Manager oder Mitarbeiter mit Gewinn- (und Verlust-) Beteiligung.

Die *zweite Restriktion* resultiert aus dem *Spannungsfeld zwischen interner und externer Validität* empirischer Studien (siehe Abschnitt 1.2): Liegen ausschließlich experimentelle Ergebnisse aus einer kontrollierten Laborumgebung vor, können diese nicht problemlos auf die wesentlich komplexere Realität übertragen werden.

Ausgangspunkt der Modellierung in Kapitel 2 war es, eine *Risiko- und Ergebniswahrnehmung* gemäß der *Kumulativen Prospekttheorie* zu unterstellen. Dabei wurden Risiken objektiv, in Form von Wahrscheinlichkeitsverteilungen vorgegeben. In Entscheidungssituationen in der Praxis dürfte dies nicht immer der Fall sein.<sup>1</sup>

Angenommen, in realen Entscheidungssituationen sind *objektive Wahrscheinlichkeitsverteilungen bekannt*, dann ergibt sich ein weiteres Problem aus dem Umstand, dass offensichtlich eine *Reihe von Einflussfaktoren* existieren, welche die *Risiko- und Ergebniswahrnehmung determinieren* und ebenfalls nicht (oder nur implizit) in der CPT erfasst sind. Derartige *Einflussgrößen resultieren* dabei aus *spezifischen Persönlichkeitsmerkmalen* in Verbindung mit der *Darstellungsproblematik* (sogenannten *Framing-Effekten*<sup>2</sup>) in Entscheidungsproblemen<sup>3</sup>.

Für die „...kognitionspsychologischen Probleme bei der Aufnahme, Speicherung und Verarbeitung derjenigen Information, die zu Unsicherheit bzw. Sicherheit in Bezug auf Ereignisse und Zustände führt“<sup>4</sup>, kommt es im menschlichen Verhalten zu verschiedenen Abweichungen von *theoretischen* (psychologischen) *Ansätzen*<sup>5</sup>.

So gibt es neben dem Effekt der *probalistischen Wahrnehmung* der Umwelt (Brunswik, 1952) und Verstößen<sup>6</sup> gegen die *statistische Kalkulation* im Sinne eines Bayesianischen Updatings<sup>7</sup> insbesondere auch *Fehler* bei der Anwendung *kognitiver Heuristiken*<sup>8</sup>. Darüber hinaus existieren (vor allem aus der

---

<sup>1</sup>Man spricht dann von ambiguitiven Situationen. Für Modelle bzw. deren empirische Überprüfung in diesem Zusammenhang siehe etwa Einhorn und Hogarth (1985), Tversky und Fox (1995) und Fox und Tversky (1998). Für weitere (experimentelle) Untersuchungen zu Ambiguitätseffekten siehe etwa Hogarth und Kunreuther (1985), Einhorn und Hogarth (1985), Curley und Yates (1989), Hogarth und Kunreuther (1989), Kunreuther, Hogarth und Meszaros (1993), Sarin und Weber (1993), Shapira (1993), Fox und Tversky (1995), Kunreuther et al. (1995) und Chow und Sarin (2001).

<sup>2</sup>Siehe hierzu Kahneman und Tversky (2000).

<sup>3</sup>Für alternative Klassifizierungen siehe etwa auch Schade und Steul (1998) oder Böhm und Pfister (2005).

<sup>4</sup>Siehe Jungermann, Pfister und Fischer (2005, S.163).

<sup>5</sup>Hier in einer Systematisierung in Anlehnung an Jungermann et al. (2005).

<sup>6</sup>Siehe Lee (1977).

<sup>7</sup>Siehe auch Dawes (1988) und Baron (2000).

<sup>8</sup>Hier insbesondere sogenannte „biases“ (=systematische Fehler) im Zusammenhang mit der *Repräsentativitätsheuristik* (Tversky und Kahneman, 1973), *Verfügbarkeitsheuristik* (Tversky und Kahneman, 1973) und *Verankerung und Anpassungseffekte* (Tversky und Kahneman, 1974). Eine Übersicht findet man etwa in Gilovich, Griffin und Kahneman



Verhaltenspsychologie stammende) Modelle, die begrenzt rationales Verhalten alternativ beschreiben, wie sogenannte *probalistische*<sup>9</sup> und *kausale mentale* Modelle<sup>10</sup> und die *Support-Theorie*<sup>11</sup>.

Neben diesen theoretischen Ansätzen deuten insbesondere *spezifische Phänomene* Probleme an, die im Zusammenhang mit der *Verarbeitung und Einschätzung von Risiken* stehen. Exemplarisch seien *Basisraten-Fehler*<sup>12</sup>, *Konversions-Fehler*<sup>13</sup> und *Konjunktions-Fehler*<sup>14</sup> sowie *Overconfidence*<sup>15</sup> und des *Gamblers Fallacy*<sup>16</sup> genannt. Jüngere Untersuchungen zeigen weiterhin eine *Abhängigkeit der Risikowahrnehmung*<sup>17</sup> z. B. auch von *Vertrauensaspekten*<sup>18</sup> und *interkulturellen Einflussfaktoren*<sup>19</sup>.

Im Zusammenhang mit der *Ergebniswahrnehmung* (bzw. Nutzenbewertung) seien exemplarisch die Phänomene der *Ursprungsabhängigkeit*<sup>20</sup>, der *Besitz-*

---

(2002).

<sup>9</sup>Siehe etwa Gigerenzer, Hoffrage und Kleinbötting (1991).

<sup>10</sup>Beispielsweise Thüring (1991) und Jungermann und Thüring (1993).

<sup>11</sup>Siehe Tversky und Koehler (1994).

<sup>12</sup>Dabei handelt es wiederum um Verstöße des Bayes'schen Updating, siehe etwa Tversky und Kahneman (1973). Für den Einfluss der kognitiven und mentalen Bedeutung gegebener Information in diesem Zusammenhang siehe aber auch Bar-Hillel (1980), Scholz (1987), Gigerenzer, Hell und Blank (1988) und Koehler (1996).

<sup>13</sup>Hier werden bedingte Wahrscheinlichkeiten für das „Ereignis A unter der Bedingung B“ mit der bedingten Wahrscheinlichkeit für das „Ereignis B unter der Bedingung A“ verwechselt bzw. gleichgesetzt. Eine Übersicht und Diskussion findet man etwa bei Gigerenzer (1994).

<sup>14</sup>Dabei wird die Wahrscheinlichkeit des Auftretens eines einzelnen Ereignisses geringer eingeschätzt als die Konjunktion dieses mit einem (unabhängigen) weiteren Ereignis. Insbesondere wird dieses Phänomen darauf zurückgeführt, dass Menschen hier einen kausalen Zusammenhang konstruieren. Siehe beispielsweise Tversky (1983).

<sup>15</sup>Hier überschätzen Entscheider ihre eigene Kompetenz, indem diese sich bei der Bewertung ihrer eigenen Fähigkeiten „allzu sicher“ sind. Für eine Diskussion dieses Phänomens siehe etwa Gigerenzer, Hoffrage und Kleinbötting (1991).

<sup>16</sup>Die Unabhängigkeit von Ereignissen (z. B. die Aufeinanderfolge von „Rot“ und „Schwarz“ beim Roulette) wird vernachlässigt, siehe z. B. Tversky und Kahneman (1974).

<sup>17</sup>Eine Übersicht findet man etwa in Slovic (2000).

<sup>18</sup>Siehe etwa Siegrist (2000), Siegrist und Cvetcovich (2000) und Siegrist, Cvetcovich und Gutscher (2001).

<sup>19</sup>Eine Übersicht findet man etwa in Renn und Rohrmann (2000).

<sup>20</sup>Dieses Problem stellt auf eine Diskrepanz zwischen der Bewertung eines „Gewinns“ im Hinblick auf den Ursprung in Form einer „eigenen Leistung“ versus dem „Zufall“ ab: In Verbindung mit Resultaten aus der Emotionspsychologie (Weiner, 1986) werden aus eigener Leistung resultierende positive Ergebnisse höher bewertet, als wenn diese ein „Zufallsprodukt“ sind. Für die experimentelle Evidenz siehe etwa Loewenstein und Issacharoff (1994).

*tumseffekt*<sup>21</sup> und der *Einbettungs*-<sup>22</sup> und *Ausgabeneffekt*<sup>23</sup> angegeben. Außerdem können *intertemporale Bewertungen*<sup>24</sup> von Entscheidungssituationen zu „Verzerrungen“ bei der Ergebniswahrnehmung führen.

Betrachtet man *simultan* das Problem der *Risiko- und Ergebniswahrnehmung*, dann existieren innerhalb der psychologischen Forschung sogar *alternative Präferenzwerttheorien*, welche emotionale Komponenten berücksichtigen, wie die *Disappointment*-<sup>25</sup> und *Regret-Theorie*<sup>26</sup>. Eine Alternative zur CPT innerhalb rangplatzabhängiger Nutzentheorien stellt in diesem Zusammenhang auch die *Security-Potential/Aspiration-Theorie*<sup>27</sup> dar.

In denen für diese Arbeit durchgeführten *experimentellen Studien* wurden „klinische Settings“ verwendet, d. h. es wurden *Entscheidungsprobleme als solche* präsentiert, um weitere, etwa *durch Framing induzierte Effekte, auszuschließen*. In der *Realität* mit komplexen privaten oder betriebswirtschaftlichen Entscheidungsproblemen dürften (zumindest einige) der *hier beschriebenen Probleme* neben Aggregationseffekten *zusätzlich* auftreten.<sup>28</sup>

---

<sup>21</sup>Darunter versteht man den Fakt, dass ein Gut, welches sich im Besitz eines Entscheiders befindet, höher bewertet wird, als dasselbe Gut, welches allerdings für den (käuflichen) Erwerb zur Verfügung steht, siehe etwa Kahneman, Knetsch und Thaler (1990) und Kahneman, Knetsch und Thaler (1991). Dieses Phänomen kann man zwar mit Hilfe der Verlustaversion (im Zusammenhang mit dem den Status Quo präsentierenden Referenzpunkt) erklären, vgl. Tversky und Kahneman (1991), liegt diese allerdings nicht vor, ist das Median-Entscheiderverhalten der CPT keine adäquater Ansatz für die Ursachenanalyse. Für eine kritische Auseinandersetzung im Hinblick auf die ökonomische Relevanz dieses Phänomens siehe aber auch Kujal und Smith (2003).

<sup>22</sup>Besteht beim Besitztumseffekt eine Diskrepanz zwischen der „Willingness-To-Pay“ und der „Willingness-To-Accept“, resultiert dieser Widerspruch in dem Fakt, dass Menschen eine größere Zahlungsbereitschaft für ein Gut besitzen, wenn diese durch eine direkte Befragung erhoben wird, versus der Ableitung des Wertes aus der Zahlungsbereitschaft für ein „übergeordnetes“ Gut, vgl. Kahneman und Knetsch (1992).

<sup>23</sup>Dabei handelt es sich im Prinzip um einen spezifischen Sunk-Cost-Effekt, siehe Arkes und Blumer (1985). Dieser kann zwar mit Hilfe der CPT-Wertfunktion erklärt werden, siehe Thaler (1980), allerdings nur für den Fall, dass diese im Verlustbereich konvex verläuft.

<sup>24</sup>Siehe hierzu Samuelson (1937), Koopmans (1960), aber auch Loewenstein und Thaler (1989), Loewenstein (1992) und Roelofsma (1996). Jüngere Erkenntnisse entnimmt man insbesondere auch Klos, Weber und Weber (2005).

<sup>25</sup>Siehe Bell (1985) und Loomes und Sugden (1986).

<sup>26</sup>Siehe Loomes und Sugden (1982) und Bell (1982), aber auch Mellers, Ho und Ritov (1997).

<sup>27</sup>Siehe Lopes (1987) und Lopes (1995).

<sup>28</sup>So könnte sich die Bewertung eines *identischen Entscheidungsproblems* in *unterschiedlichen Kontexten* voneinander *unterscheiden*: Betrachtet man beispielsweise eine spezifische Investition in ein riskantes Wertpapier vs. derselben Investition in die Erweiterung

Ein *wesentlicher zusätzlicher Aspekt* für die Übertragung *spieltheoretischer* (experimenteller) *Erkenntnisse* auf die (private, betriebswirtschaftliche bzw. ökonomische) Praxis besteht darin, dass *Entscheidungssituationen mit strategischer Interaktion* (möglicherweise) *nicht als solche wahrgenommen werden*, d. h., dass Konsequenzen sowohl vom eigenen Verhalten, als *auch vom Verhalten Anderer abhängen*, wird schlichtweg *ignoriert*.

So wird beispielsweise in der Literatur bei der *Erklärung* des *Dispositioneffektes* und des *Risk-Return-Paradoxons* (vgl. Abschnitt 2.6) postuliert, dass es sich bei dem Problem der Investition in eine Kapitalanlage oder in eine Unternehmung um ein *Entscheidungsproblem* handelt. Wertpapiere werden allerdings auf Kapitalmärkten gehandelt und Unternehmen agieren (im weitesten Sinne) auf Absatzmärkten, was bedeutet, dass sowohl der Kurs einer Aktie als auch der Unternehmenserfolg auch von anderen Akteuren abhängt, es sich also um eine *Spielsituation* handelt. Begründen kann man einen (entscheidungstheoretischen) Ansatz damit, dass es aufgrund der *Komplexität* schwierig ist, diese Situation als Spiel zu erfassen und die Beteiligten *vereinfachend die Annahme* treffen, dass sich Aktienkurs und Konkurrenzverhalten zufallsbedingt entwickeln, es sich also um ein *Entscheidungsproblem* handelt.

Allerdings besteht das Ziel eines Experiments gerade darin, *relevante Einflussgrößen* für das menschliche Verhalten in einer *spezifischen Entscheidungsbzw. Spielsituation* zu *identifizieren* und dabei „Störeffekte“ auszublenden. Experimentelle Ergebnisse können zumindest qualitativ auf die Realität übertragen werden und falls sogar festgestellt werden kann, dass die Variation von im Labor identifizierten „Treibern“ einen Teil der Varianz im realen Verhal-

---

des Anlage- und/oder Umlaufvermögens einer Unternehmung, könnte allein die (möglicherweise) induzierte divergierende Risikowahrnehmung zu unterschiedlichen Präferenzen führen.

Allein die *unterschiedliche Präsentation* innerhalb z. B. eines Investitionsproblems in Anlageentscheidungen kann eine *unterschiedliche Risikowahrnehmung induzieren*: So fanden etwa Ganzach (2000) und Shefrin (2001), dass die Risikowahrnehmung bei *unbekannten* Anlageoptionen nicht von spezifischen Faktoren, sondern einer allgemeinen Präferenz abgeleitet wurde. Dies erklärt Shefrin (2001) mit der Repräsentativitätsheuristik von Tversky und Kahneman (1974). Die Konsequenz dieses Verhaltens resultiert in einer *negativen Korrelation* von Risiko und Rendite (Risk-Return-Paradoxon). Für *bekannte* Anlageoptionen analysierte Ganzach (2000) jedoch eine *positive Korrelation*.

Weiterhin gibt es z. B. eine starke empirische Evidenz dafür, dass die *Risikoeinstellung* stark kontextabhängig ist, siehe etwa Weber (2001). Eine Abgrenzung der Begriffe *Risikowahrnehmung*, *Risikoeinstellung* und *Risikoverhalten* findet man etwa in Schade und Steul (1998) und Steul (2003).

ten erklärt, dann ist ein wesentliches Forschungsziel erreicht. Der Anspruch des Forschers kann nicht in der Entwicklung eines, die gesamte Komplexität erfassenden, „Totalmodells“ bestehen, sondern die Priorität muss (bzw. kann nur) auf der Identifikation maßgeblicher Einflussgrößen liegen.

Bei der Diskussion über mögliche Implikationen in der betriebswirtschaftlichen Praxis sollte allerdings kritisch hinterfragt werden, inwiefern die im Experiment gegebenen Bedingungen auch im betriebswirtschaftlichen Umfeld anzutreffen sind.

## 4.1 Riskante Anlage- und Investitionsentscheidungen

In der betriebswirtschaftlichen Praxis gibt es eine Reihe von Entscheidungssituationen, bei denen auftretende Risiken auch quantifiziert werden und somit dem Entscheider bekannt sind.

Exemplarisch seien als erstes die *Aktivitäten von Finanzdienstleistungsunternehmen* betrachtet: Dort werden Kursentwicklungen von Wertpapieren häufig auf der Basis von Zeitreihen mit Hilfe stochastischer Modelle geschätzt. Damit liegen einem Händler Wahrscheinlichkeitsverteilungen über potentielle Gewinne und Verluste<sup>29</sup>, etwa einer Aktie, vor. Das Ziel der Händleraktivität besteht im Allgemeinen in der Maximierung von Kursgewinnen beim Kauf und Verkauf von Wertpapieren und häufig hängt das Einkommen des Händlers auch von realisierten Verkaufsgewinnen und -verlusten ab.

Unterliegt ein Händler dem, in den experimentellen Studien nachgewiesenen, Aggregationseffekt und unterscheidet sich dessen Risikoverhalten bei der Bewertung möglicher Kursgewinne von der Bewertung möglicher Kursverluste, dann könnte dies vielfältige Konsequenzen für dessen Kauf- und Verkaufsverhalten haben.

Angenommen, der Händler agiert im Sinne des Median-Entscheiders der CPT, d. h. die Bewertung von *Gewinnen* ist mit *konkaven Wertfunktion* und die Bewertung von *Verlusten* mit einer *konvexen Wertfunktion* verbunden. Dann führt dies nach der (bezüglich eines Einstiegsurses bewerteten) Realisation eines potentiellen *Kursgewinns* zu einem (objektiv) zu schnellen Verkauf dieser Aktie und nach der Realisation eines potentiellen *Kursver-*

---

<sup>29</sup>Das sind aus Sicht der Entscheidungstheorie also *Lotterien*.

*lustes* wird das Wertpapier (objektiv) zu lange gehalten. (Dabei handelt es sich gerade um den Dispositionseffekt, vgl. auch erstes Kapitel.) Die Ursache hierfür liegt darin begründet, dass nach einer „Verlusterfahrung“ mögliche Verluste durch den konvexen Verlauf der Wertfunktion unter- und mögliche Gewinne überbewertet werden und nach einer „Gewinnerfahrung“ mögliche Verluste durch den konkaven Verlauf der Wertfunktion über- und mögliche Gewinne unterbewertet werden. Die Erfahrungen werden mit möglichen Auszahlungen aggregiert, d. h. anschaulich: Man befindet sich im Verlust- bzw. Gewinnbereich seiner Wertfunktion.

Die *empirischen Resultate* dieser Arbeit geben allerdings auch Anlass zu der Vermutung, dass es eine nicht unerhebliche Anzahl von Entscheidern gibt, bei denen sich das *Risikoverhalten umgekehrt* charakterisieren lässt, d. h. Risikofreude im Gewinn- und Risikoaversion im Verlustbereich. Insbesondere auch experimentelle Studien von Schade, Steul und Schröder (2002), Thaler und Johnson (1990) und Zuchel und Weber (2001) decken auf, dass *risikofreudiges Verhalten nach einer Gewinnerfahrung* in spezifischen Entscheidungssituationen (Investitionsentscheidungen in ein Unternehmen bzw. in eine Kapitalanlage) nicht untypisch für Entscheider ist. Nach einem potentiellen Kursgewinn würde das Wertpapier in diesem Fall zu lange gehalten (und nach einem Kursverlust zu schnell verkauft).

Weiterhin ist davon auszugehen<sup>30</sup>, dass *kleine Wahrscheinlichkeiten stark über- und große Wahrscheinlichkeiten stark untergewichtet* werden. Angenommen, die Auszahlungsbewertung nach einer Verlusterfahrung ist durch eine konvexe Wertfunktion charakterisierbar. Dann werden bei großen Verlustwahrscheinlichkeiten diese einerseits unter- und kleine Gewinnwahrscheinlichkeiten andererseits überschätzt. Außerdem werden mögliche Verluste unter- und Gewinne überschätzt. Mit anderen Worten, der *Dispositionseffekt* würde hier noch *verstärkt*.

In der Literatur finden sich einige *empirische Studien*<sup>31</sup>, die untermauern, dass auch *Finanzexperten* Framingeffekten und insbesondere dem *Dispositionseffekt* unterliegen. Damit stellt sich die Frage, wie man in der Praxis mit diesem Problem umgehen soll. In jüngerer Zeit werden bei einigen Finanz-

---

<sup>30</sup>Also unter der Annahme, dass die Wahrscheinlichkeitsgewichtungen vor und nach einer Gewinn- oder Verlusterfahrung identisch sind.

<sup>31</sup>Siehe etwa Stephan und Kiell (2000), Fox, Rogers und Tversky (1996), Roszkowski und Snelbecker (1990), Snelbecker, Roszkowski und Cutler (1990), Grinblatt und Keloharju (2001) und Odean (1998).

dienstleistern *Expertensysteme* eingesetzt<sup>32</sup>. Dort sind (heuristische) Regeln implementiert, die zum Teil begrenzt rationale Entscheidungsphänomene berücksichtigen und dem Händler „beratend“ bei komplexen Anlageentscheidungen zur Seite stehen.

Geht man weiterführend davon aus, dass *nicht nur Finanzdienstleister sondern auch Kunden* von entsprechenden Unternehmen dem *Aggregations-Effekt* (und anderen begrenzt rationalen Phänomenen) *unterliegen*, eröffnet sich ein weiteres Spannungsfeld. Dieses besteht in dem Problem, ob ein Finanzdienstleister die Kunden über deren begrenzt rationale Wahrnehmung (etwa nach dem erfolgreichen Auslaufen einer längerfristigen, riskanten gebündelten Kapitalanlage) aufklären sollte. Oder, ob es im Sinne des Unternehmens ist, etwa das Finanzdienstleistungsmarketing gerade an begrenzt rationales Verhalten anzupassen und somit möglicherweise die Kundenzahl zu erhöhen?

Als ein typisches *riskantes Investitionsproblem* sei im Folgenden exemplarisch die *Entwicklung und Einführung einer Innovation* betrachtet.

*Innovationen* sind gerade durch ihre *Neuartigkeit* gekennzeichnet, und nimmt man zusätzlich an, dass der *Markteinführer* eine *Monopolstellung* bezüglich der Innovation hat, dann besteht im Hinblick auf eine Markteinführung das Problem vor allem zunächst darin, ob eine kostendeckende Diffusion des Neuprodukts gelingt. (Im Gegensatz zu „klassischen“ Markteintrittsentscheidungen, bei denen insbesondere auch das Mitbewerberverhalten zu berücksichtigen ist.) Vereinfachend kann also davon ausgegangen werden, dass das *Risiko* (zumindest bei der Markteinführung) *vor allem durch das Adoptionsverhalten* der Kunden *induziert* wird.

Vereinfachend kann die *Markteinführung einer Innovation* also als eine *Lotterie* aufgefasst werden, bei der es mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit zu dem *Ereignis* kommt, dass die *Innovation erfolgreich* ist, d. h. ein Gewinn realisiert wird, und mit der entsprechenden Gegenwahrscheinlichkeit „*floppt*“ das *Neuprodukt* und es wird ein Verlust realisiert.

In der *Praxis* werden verschiedene *Innovationen* typischerweise nicht nur einmalig, sondern *mehrfach* innerhalb des Unternehmenslebenszyklus eingeführt. Wenn die *Erfahrung* über den Erfolg der Markteinführung des Vor-

---

<sup>32</sup>In diesem Zusammenhang möchte ich mich für das persönliche Gespräch mit Frau P. Ristau von der Capital Management Consultancy & Research GmbH Berlin bedanken.

gängers einer Innovation *mit* den möglichen *Konsequenzen* einer aktuellen Markteinführung von den Entscheidungsträgern (dem Unternehmer) *aggregiert* wahrgenommen werden, dann kann dies unterschiedliche Auswirkungen auf die Innovationsneigung haben.

Im Falle eines *erfolgreichen Vorgängers* und etwa einer *konkaven Wertfunktion* im Gewinnbereich wird die *Bereitschaft*, in Forschung und Entwicklung zu investieren, eher *gehemmt*. Umgekehrt kann diese *Bereitschaft nach einem „Flopp“* und *konvexer Wertfunktion* im Verlustbereich eher *unverhältnismäßig groß* sein. In beiden Fällen ist dann mit unangenehmen volkswirtschaftlichen Konsequenzen zu rechnen: Eine zu geringe Innovationsneigung induziert möglicherweise einen Nachfrage- und eine zu große Innovationsneigung einen Angebotsüberhang an Neuprodukten, was entsprechende Konsequenzen auf dem Arbeits- und Kapitalmarkt hat.

Aus der Sicht des Unternehmens werden bei einer zu *geringen Innovationsneigung potentielle Kapazitäten nicht ausgenutzt*, während das Unternehmen bei einer *zu hohen Innovationsneigung unnötigen Verlustrisiken* ausgesetzt wird.

Aber auch aus *Konsumentensicht* könnte die Erfahrung mit einem Vorgänger-Neuprodukt maßgeblich für den Erwerb einer Folgeinnovation sein. Zunächst ist der *Erwerb einer Innovation* für den Konsumenten *riskant*, da dieser keinerlei Erfahrungen bzw. Information über die Produkteigenschaften hat und diese seine Ansprüche nur mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit befriedigen. Ist das Produkt aus der Sicht des Konsumenten schlecht, d. h. die Anschaffungskosten sind als Verluste zu interpretieren, dann wird dieser Konsument eine weitere Innovation desselben Anbieters und im Falle einer konkaven Wertfunktion im Verlustbereich möglicherweise nicht (mehr) adoptieren<sup>33</sup>.

## 4.2 Ein spezifisches Koordinationsproblem

Ein in der Praxis häufig anzutreffendes Problem resultiert aus dem Fakt, dass der *Output* eines Unternehmens *lediglich Teilkomponente* eines Endprodukts darstellt, bzw. die *Funktionalität* und der *Gebrauchswert eines Endprodukts durch Netzwerkeffekte erhöht* werden kann.

---

<sup>33</sup> Allerdings muss bei diesem Beispiel eingeräumt werden, dass es möglicherweise maßgeblichere Gründe für den Erwerb einer Innovation gibt. Diese resultieren insbesondere aus der Neuartigkeit und Spezifität, was insbesondere auch bedeutet, dass das „Umrechnen“ einer „Gebrauchserfahrung“ in eine monetäre Erfahrung nur bedingt motivierbar ist.

Als einfaches *Beispiel* sei in diesem Zusammenhang die *Entscheidung* über die *Wahl* eines *Standards* oder einer Norm für eine *Kommunikationstechnologie* zwischen zwei verbundenen technischen Systemen betrachtet. (Etwa die Entscheidung über die Verwendung der Fernsehnorm PAL<sup>34</sup> versus SECAM<sup>35</sup> bei Fernsehgeräte- und Videogeräteproduzenten oder der Standard für die Übertragung digitaler Bildsignale bei Computer- und Monitorproduzent.)

Dieses *Problem ähnelt* der *Struktur des* im dritten Experiment getesteten *BOS-Spiels*: Stehen zwei Standards  $a$  und  $b$  zur Disposition und findet eine *Koordination*, etwa von Unternehmen  $A$  und  $B$ , in einem der beiden Gleichgewichte statt, dann realisieren zunächst *beide einen Gewinn*. Dieser ist durch Netzwerkeffekte bedingt, bzw. dadurch, dass nur durch die Verwendung desselben Standards die (vollständige) Funktionalität zweier Produkte gesichert ist.

Allerdings verursacht der Standard  $a$  etwa dem Unternehmen  $A$  weniger Kosten, bedingt etwa durch firmenspezifische Gegebenheiten (z. B. Kompetenz, Preisvorteile bei der Beschaffung von Roh- und Betriebsstoffen usw.), dann realisiert Unternehmen  $A$  im Gleichgewicht  $(a, a)$  einen höheren Gewinn, als Unternehmen  $B$ . Verursacht umgekehrt der Standard  $b$  etwa dem Unternehmen  $B$  weniger Kosten, dann realisiert Unternehmen  $B$  im Gleichgewicht  $(b, b)$  einen höheren Gewinn, als Unternehmen  $A$ . Findet jedoch keine Koordination statt, können beide Unternehmen keine Gewinne realisieren.

Können die beiden Unternehmen (Unternehmer) *keine bindenden Vereinbarungen* treffen, was zunächst realistisch erscheint, da es keinen Anlass für  $A$  gibt,  $b$  zu wählen und umgekehrt, dann resultiert das Problem, für welchen Standard sich das jeweilige Unternehmen entscheidet<sup>36</sup>.

Befinden sich beide Unternehmen in einer unterschiedlichen Ausgangsposition, dass heißt  $A$  hat etwa nach dem letzten Jahresabschluss eine positive Bilanzsumme und  $B$  eine negative Bilanzsumme realisiert, dann implizieren die empirischen Ergebnisse von Experiment 3, dass beide sich zugunsten des „Schwächeren“ für den Standard  $B$  entscheiden.<sup>37</sup>

---

<sup>34</sup>PAL: Phase-Alternating-Line-Verfahren.

<sup>35</sup>SECAM: Séquentiel couleur à mémoire.

<sup>36</sup>Für experimentelle Resultate im Zusammenhang mit unverbindlichen Vereinbarungen in BOS-Spielen siehe aber auch Cooper et al. (1994) bzw. die Ausführungen in Abschnitt 3.9.1.

<sup>37</sup>Zumindest dann, wenn es sich um männliche Unternehmer handelt.



Allerdings muss in diesem Zusammenhang *kritisch* bemerkt werden, dass ein solches Koordinationsproblem in der Realität häufig mehrfach auftritt, d. h. aus spieltheoretischer Sicht handelt es sich hier eher um ein *Bargaining-Problem*: Potentiell besteht die Möglichkeit, dass ein Unternehmen (Unternehmer) bei einer wiederholten Verhandlung das andere „abstrafft“, falls dieses sich vorher nicht an eine gemachte Absprache über die Wahl eines Standards gehalten hat.

### 4.3 Markteintrittsentscheidungen

Mögliche Implikationen für die Praxis aus dem Experiment zum Markteintrittsspiel wurden bereits im Abschnitt 3.9 (insbesondere 3.9.2) aufgezeigt. Diese waren, dass beim Aufeinandertreffen von Teilnehmern mit unterschiedlichen Gewinn- oder Verlusterfahrungen, die Ergebnisse des vierten Experiments implizieren, dass (zumindest männliche) Unternehmer in der Realität die Markteintrittsentscheidung zugunsten des „schlechter“ gestellten Teilnehmers treffen. Für diesen Fall bedeutet dies eine eher *ausgeglichene Ökonomie*, während auf *Märkten mit* vornehmlich *Gewinnern* von einer *Unterauslastung der Marktkapazität* und auf *Märkten mit* vornehmlich *Verlierern* eher von einer *Überauslastung der Kapazität* auszugehen ist. Im ersten Fall sind die Einkommen der Teilnehmer eher ausgeglichen, Gewinnermärkte versprechen Profite, wo hingegen auf Verlierermärkten (weitere) Verluste zu erwarten sind.

In Experiment 4 war die Entscheidung für einen Markteintritt sehr „abstrakt“ dargestellt, dass heißt der *Markt* als solcher war *nicht spezifiziert*. Damit dürften die gefundenen *Resultate im weitesten Sinne auf* alle unternehmerischen *Entscheidungssituationen in einem kompetitiven Kontext übertragbar* sein: Agieren Unternehmer doch fast immer auf (z. B. klassischen Konsumgüter- oder Dienstleistungs-) Märkten.

In diesem Zusammenhang scheinen insbesondere *Märkte relevant* sein, deren Struktur eher einer *Oligopolsituation* gleicht, als etwa einem Markt mit nur einem Monopolisten oder einem Duopolmarkt. Die Voraussetzung, dass die Akteure die Gewinn- und Verlusterfahrungen persönlich erfahren sollten, suggeriert weiterhin, dass die empirischen Ergebnisse insbesondere auf *Wettbewerbssituationen übertragbar* ist, in denen *Unternehmer des Mittelstandes* miteinander interagieren. (Beispielweise „tangiert“ die Bilanzsumme der Deutschen Bahn AG einen Manager in der Führungsebene weniger

stark, als der Jahresabschluss den Eigentümer eines mittelständigen Bau-Unternehmens.)

Die in Abschnitt 3.9.2 aufgezeigten weiteren Ergebnisse<sup>38</sup> zum Simultanen Markteintritt<sup>39</sup> lassen vermuten, dass sich die Resultate in Experiment 4 mit *anderen Effekten verstärken oder kompensieren* könnten. Dort werden Märkte mit wenig Teilnehmern über- und mit vielen Teilnehmern unterfrequentiert. Betrachtet man in diesem Zusammenhang etwa einen Verlierermarkt, dann erhöht ersterer die Eintrittsanzahl in Märkten mit wenig Akteuren noch mehr, während auf Märkten mit vielen Teilnehmern, die Unterauslastung möglicherweise zugunsten eines reinen Gleichgewichts kompensiert werden könnte (entsprechend umgekehrt bei Gewinnermärkten).

Nachdem die wichtigsten Konsequenzen der empirischen Ergebnisse von Experiment 4 angerissen wurden, sollen die letzten Ausführungen dieses Abschnittes auf der *kritischen Beleuchtung* der im Markteintrittsspiel gemachten *Annahmen* liegen.

In der *Realität* sind (Absatz-) *Märkte beschränkt*, deren *Kapazität* aber (etwa durch Analyse der demographischen Eigenschaften der Bevölkerungsstruktur) *prognostizierbar*. Damit ist eine zentrale Voraussetzung des Markteintrittsspiels erfüllt.

Häufig sind Markteintrittsentscheidungen mit spezifischen Investitionen mit irreversiblen Kosten verbunden, so dass *Eintrittsentscheidungen* als (quasi) *simultan* aufgefasst werden können. (Dies ist insbesondere beim Management von Innovationen relevant, da hier zunächst erhebliche Aufwendungen für Forschung und Entwicklung erforderlich sind.) Die „Simultanität“ resultiert hier also nicht aus einer zeitgleichen Entscheidung, sondern, wie im spieltheoretischen Ansatz auch, aus der Tatsache, dass die Markteintrittsentscheidung (Investitionsentscheidung) getroffen wird, ohne dass die Teilnehmer die Absichten ihrer Mitbewerber kennen.

Ein weiterer Kritikpunkt besteht möglicherweise in der *spezifischen Ausstattungs-* bzw. *Kostenstruktur* eines Unternehmens. Diese war im Experi-

---

<sup>38</sup>Neuste empirische Studien suggerieren, dass die Markteintrittsentscheidung auch von der Art des Risikos abhängt: So zeigen etwa Wu und Knott (2006), dass Risikoaversion im Zusammenhang mit sogenannter „demand uncertainty“ und Risikofreude im Zusammenhang mit sogenannter „ability uncertainty“ (aus der Perspektive eines Unternehmers) zu beobachten ist.

<sup>39</sup>Vgl. insbesondere Tabelle 3.14.

ment für alle gleich bzw. mit der Auszahlung „Null“ abgebildet, entgegen etwa der ursprünglichen Fassung des ME-Spiels in Selten und Güth (1982). In der Realität sollten daher auch diese Größen mit einbezogen werden, da dies unterschiedliche Gewinne impliziert und der „Break-Even“-Punkt für konkurrierende Marktteilnehmer, einen Einfluss auf die Eintrittsentscheidung haben könnte.

Trotz dieser Kritikpunkte ist es um so interessanter, dass die *experimentellen Resultate des ME-Spiels dieselbe Vorhersage* über das (negative) Verhältnis von Risiko und Rendite postulieren *wie* empirische, auf einem entscheidungstheoretischen Ansatz<sup>40</sup> basierende Expost-Analysen zum sogenannten *Risiko-Rendite-Paradoxon*<sup>41</sup>: *Verlierermärkte werden überfrequentiert*, was zu (weiteren) Verlusten führt, *Gewinnermärkte werden unterfrequentiert*, was zur Beibehaltung des Status Quo (oder weiteren Gewinnen) führt. Damit kann das in dieser Arbeit entwickelte *Aggregationsmodell im Zusammenhang mit Perfektheit* also eine *alternative Erklärung* für das *Risiko-Rendite-Paradoxon* darstellen.

---

<sup>40</sup>Was eine Vereinfachung der Realität bedeutet, denn auf einem Markt interagieren im Allgemeinen mehrere Wettbewerber miteinander.

<sup>41</sup>Siehe auch Abschnitt 2.6.

# Kapitel 5

## Theoretische Grundlagen für die weitere (empirische) Forschung

### 5.1 Eine entscheidungstheoretische Fragestellung: Das Startpunktkonzept

Nach einer kurzen Begründung des Startpunktkonzepts erfolgt in diesem Abschnitt die formale Darstellung desselben und die Skizze für ein experimentelles Design.

#### Motivation

Bevor das eigentliche Startpunktkonzept dargestellt wird, sei zunächst an die Argumentation und die graphische Darstellung in Abbildung 2.3 zum *Dispositionseffekt*<sup>1</sup> erinnert. Dort wurde argumentiert, dass der *Einstandskurs* einer Aktie als *Referenzpunkt* eines Entscheiders anzusehen ist und dass (kurzfristige) *Kursänderungen* als *Gewinn- oder Verlusterfahrungen* interpretiert werden können, von deren Lokalität aus über das Halten oder den Verkauf einer Kapitalanlage entschieden wird.

Ähnlich wird im Zusammenhang mit dem *Risk Return Paradoxon*<sup>2</sup> argumentiert: *Unternehmer und Manager* verhalten sich *riskofreudig*, falls diese ihre *Situation als schlecht* ansehen und *risikoavers*, falls diese ihre Situation *positiv* bewerten. Ersteres impliziert also, dass sich Entscheider *im Verlustbereich*

---

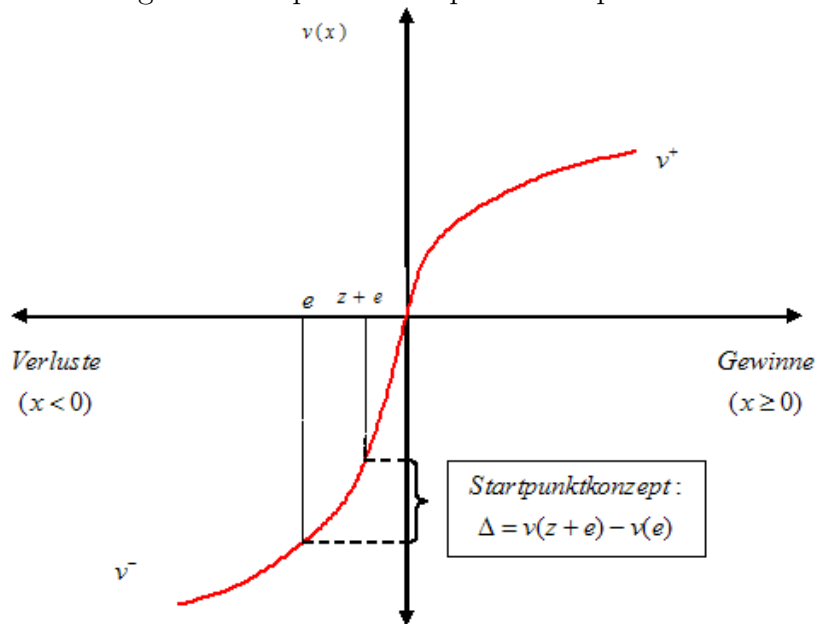
<sup>1</sup>Vgl. Abschnitt 2.6.

<sup>2</sup>Vgl. Abschnitt 2.6.

„befinden“, während zweiteres eine „Position“ *im Gewinnbereich* postuliert.

Zusammenfassend können diese Ausführungen bedeuten, dass man bei (kürzlich) gemachten Gewinn- und Verlusterfahrungen zwischen dem (in der PT bzw. CPT als kurzfristig konstant angesehenen) *Referenzpunkt*<sup>3</sup> und einem *Startpunkt*, eben der gemachten Erfahrung *unterscheiden* muss.<sup>4</sup> In Abbildung 5.1 ist dieser Zusammenhang graphisch dargestellt.

Abbildung 5.1: Startpunktkonzept und Dispositionseffekt.



Quelle: Eigene Darstellung.

## Formale Darstellung

*Formal* bedeutet dies für den Präferenzwert  $V^{SP}$  gemäß des Startpunktkonzepts für eine Lotterie<sup>5</sup>  $P = [p, z; 1 - p, x]$  mit  $z > x > 0$  (oder  $z < x < 0$ )

<sup>3</sup>Den Referenzpunkt kann man unter Umständen auch als Anspruchsniveau auffassen, siehe etwa Kahneman und Tversky (1979), March und Shapira (1992) und Boyle und Shapira (2003).

<sup>4</sup>Das auf diesem Ansatz basierte so genannte *Startpunktkonzept* wurde von Schade, Steul und Schröder (2002) entwickelt und erstmalig formal präsentiert.

<sup>5</sup>Der Einfachheit halber seien in diesem Abschnitt nur Lotterien mit zwei Auszahlungen betrachtet.

und eine vorherige Gewinn- oder Verlusterfahrung<sup>6</sup>  $e$  mit  $|e| < x$ :

$$V^{SP} = w(p) \cdot [v(z + e) - v(e)] + (1 - w(p)) \cdot [v(x + e) - v(e)], \quad (5.1)$$

wobei  $w \in \{w^+, w^-\}$  und  $v \in \{v^+, v^-\}$  je nach dem, ob  $e$  eine *Gewinn-* oder *Verlusterfahrung* repräsentiert.

Dies bedeutet also, dass im Gegensatz zur einfachen Aggregation  $v(z + e)$  bzw.  $v(x + e)$  nur eine *relative Verarbeitung* in Höhe von  $\Delta = v(z + e) - v(e)$  bzw.  $\Delta = v(x + e) - v(e)$  stattfindet. In Abhängigkeit des Vorzeichens dieser Differenzen werden diese dann gemäß der Wahrscheinlichkeitstransformation gewichtet.<sup>7</sup>

Damit kann zunächst die folgende *Frage* formuliert werden: Wann *unterscheiden sich Vorhersagen* für Lotterievergleiche bezüglich des *Startpunktkonzepts* (SP) vom Modell CPTA?

## Reguläre versus irreguläre Lotterievergleiche

Betrachtet man beispielsweise einen Lotterievergleich in Form der Indifferenzbeziehung  $P_1 \sim P_2$  mit  $P_1 = [0.5, 100; 0.5, 0]$  und  $P_2 = [0.5, y; 0.5, 50]$  und eine Gewinnerfahrung  $e > 0$ , dann folgt für  $y > 50$  und das Modell CPTA unter Beachtung der Gewichtung (siehe Formel 2.11 in Abschnitt 2.1.3):

$$w^+(0.5) \cdot (100 + e)^\alpha = w^+(0.5) \cdot (y + e)^\alpha + (1 - w^+(0.5)) \cdot (50 + e)^\alpha. \quad (5.2)$$

Für das Startpunktmodell SP folgt:

$$\begin{aligned} & w^+(0.5) \cdot [(100 + e)^\alpha - e^\alpha] = \dots \quad (5.3) \\ & \dots w^+(0.5) \cdot [(y + e)^\alpha - e^\alpha] + (1 - w^+(0.5)) \cdot [(50 + e)^\alpha - e^\alpha]. \end{aligned}$$

Dies ist äquivalent zu

$$\begin{aligned} w^+(0.5)(100 + e)^\alpha - w^+(0.5)e^\alpha &= w^+(0.5)(y + e)^\alpha - w^+(0.5)e^\alpha + \dots \quad (5.4) \\ &\dots (50 + e)^\alpha - e^\alpha - w^+(0.5)(50 + e)^\alpha + w^+(0.5)e^\alpha \\ &\iff \\ w^+(0.5)(100 + e)^\alpha &= w^+(0.5)(y + e)^\alpha + (1 - w^+(0.5))(50 + e)^\alpha. \end{aligned}$$

<sup>6</sup>Zur Vereinfachung sei hier wieder unterstellt, dass die Erfahrung vom Betrag nicht größer ist als  $x$

<sup>7</sup>Dies stellt eine Neuerung zu den Ausführungen in Schade, Steul und Schröder (2002) dar. Dort wurde zur Vereinfachung noch von einer Wahrscheinlichkeitsgewichtung abstrahiert.

Falls  $y > 50$ , gilt also

$$V^{CPTA}(P_1) = V^{CPTA}(P_2) \iff V^{SP}(P_1) = V^{SP}(P_2) - (1 - w^+(0.5))e^\alpha. \quad (5.5)$$

Gilt  $y < 50$ , dann folgt für das Modell CPTA:

$$w^+(0.5) \cdot (100 + e)^\alpha = (1 - w^+(0.5)) \cdot (y + e)^\alpha + w^+(0.5) \cdot (50 + e)^\alpha. \quad (5.6)$$

Entsprechend für SP:

$$\begin{aligned} w^+(0.5) \cdot [(100 + e)^\alpha - e^\alpha] &= \dots \quad (5.7) \\ \dots (1 - w^+(0.5)) \cdot [(y + e)^\alpha - e^\alpha] &+ w^+(0.5) \cdot [(50 + e)^\alpha - e^\alpha]. \end{aligned}$$

Dies bedeutet wiederum, dass gilt

$$V^{CPTA}(P_1) = V^{CPTA}(P_2) \iff V^{SP}(P_1) = V^{SP}(P_2) - (1 - w^+(0.5))e^\alpha. \quad (5.8)$$

In beiden Fällen sind die *Lotterievergleiche* für das Modell CPTA und SP also *nicht identisch*.

Im Allgemeinen betrachte man jetzt *Lotterievergleiche zwischen Lotterien*  $P_1 = [p_1, z_1; 1 - p_1, x_1]$  und  $P_2 = [p_2, z_2; 1 - p_2, x_2]$  und folgende Vereinbarung:

**Definition 3** Der *Lotterievergleich* zwischen  $P_1 = [p_1, z_1; 1 - p_1, x_1]$  und  $P_2 = [p_2, z_2; 1 - p_2, x_2]$  heißt *regulär*, falls für  $p_1 \in (0, 1)$  und  $p_2 \in [0, 1]$  gilt:

$$z_1, z_2 > x_1, x_2 > 0$$

oder

$$z_1, z_2 < x_1, x_2 < 0.$$

Andernfalls heißt der *Lotterievergleich* *irregulär*.

Im Zusammenhang mit dem Vergleich des Startpunktkonzepts mit dem Modell CPTA ist jetzt die folgende Aussage von Bedeutung:

**Theorem 20** Für die Lotteriefolgen  $P_i^1 = [p_{1,i}, z_{1,i}; 1 - p_{1,i}, x_{1,i}]$  und  $P_i^2 = [p_{2,i}, z_{2,i}; 1 - p_{2,i}, x_{2,i}]$  mit unterschiedlichen Auszahlungen und Wahrscheinlichkeiten für alle  $i = 1, 2, \dots, N$  seien die Koeffizienten einer Pearson-Korrelation (Spearman-Rangkorrelation) gegeben:

$$R^{CPTA} = R(\tilde{V}^{CPTA}(P_i^1), \hat{V}^{CPTA}(P_i^2)) \quad (5.9)$$

$$R^{SP} = R(\tilde{V}^{SP}(P_i^1), \hat{V}^{SP}(P_i^2)). \quad (5.10)$$

Dann gilt  $R^{CPTA} = R^{SP}$  dann und nur dann, wenn es sich um reguläre Lotterievergleiche handelt.

**Beweisskizze.** Dieser Beweis ist denkbar einfach und resultiert durch „Bilden“ der entsprechenden Fälle. Die Forderung, dass die Auszahlungen und Wahrscheinlichkeiten unterschiedlich sein müssen resultiert aus der Eigenschaft des Korrelationskoeffizienten  $R$ , dass für die Ausprägung  $\xi$  und  $\psi$  zweier Zufallsgrößen mit  $\xi = a\psi + b$  mit positivem  $a$  und reellem  $b$  stets gilt:

$$R(\xi, a\psi + b) = R(\xi, \psi).$$

Die Aussage von Theorem 20 impliziert: *Prognosen bezüglich des Modells CPTA werden sich genau dann von denen für SP unterscheiden, wenn irreguläre Lotterievergleiche mit unterschiedlichen „Lotterie-Typen“ stattfinden.*<sup>8</sup>

## Skizze für ein Design

Somit kann ein *erster Aspekt weiterer Forschung im empirischen Vergleich des Startpunktkonzepts mit den Aggregationsmodellen CPTA und PTA* bestehen. Ein mögliches experimentelles Design könnte etwa folgendermaßen aussehen:

- Im *Messteil* werden unter Verwendung der *Tradeoff-Methode* von Abdellaoui (2000) die Parameter  $\alpha$  und  $\beta$  der Wertfunktion im Gewinn- und Verlustbereich bestimmt. Dies geschieht etwa unter Anwendung des MTK- oder MBDM-Mechanismus (oder in einem 2-Inter-Gruppen-Design zum Vergleich beider Methoden).
- Mit Hilfe von *Sicherheitsäquivalentabfragen* werden für verschiedene Wahrscheinlichkeiten  $p_1, \dots, p_k$  stationäre Gewichtungen  $w(p_1), \dots, w(p_k)$  für die Transformationen  $w^+$  im Gewinn- und  $w^-$  im Verlustbereich und mit Hilfe eines (gemischten) *Lotterievergleichs* der Verlustaversionparameter  $\lambda$  gemäß der Vorgehensweise in Abschnitt 2.4.1 bestimmt. Dabei wird wieder der MTK- oder MBDM-Mechanismus eingesetzt.
- Anschließend machen die Teilnehmer eine zufallsbedingte *Gewinn- oder Verlusterfahrung*.

---

<sup>8</sup>Die *Lotterievergleiche* in Experiment 2 sind *alle regulär*, im ersten Experiment sind gerade vier irregulär, deshalb muss von einer alternativen Analyse an dieser Stelle abgesehen werden. Weiterhin kann man zeigen, dass *Spiele* mit der Berücksichtigung von Aggregation *strategisch äquivalent* zu solchen mit der Berücksichtigung des Startpunktkonzepts sind. Deshalb kommt eine alternative Betrachtung von Experiment 3 und 4 bezüglich dieser Verhaltensannahme ebenfalls nicht in Betracht.



- Im anschließenden *Evaluierungsteil* finden (ausschließlich) irreguläre Lotterievergleiche mit unterschiedlichen Lotterie-Typen mit den Wahrscheinlichkeiten  $p_1, \dots, p_k$  und unter Benutzung von MTK oder MBDM statt.
- Die *Auswertung* erfolgt analog der in Abschnitt 2.3.2 beschriebenen Vorgehensweise. Die zugrunde gelegten Präferenzwerte ergeben sich dabei aus den entsprechenden Definitionen für  $V^{SP}$ ,  $V^{CPTA}$  und  $V^{PTA}$  unter Verwendung der im Messteil ermittelten Parameter.

## 5.2 Eine spieltheoretische Fragestellung: Multilaterale Risikodominanz und Risiko-, und Ergebniswahrnehmung

Bei der *spieltheoretischen Modellierung* der Aggregation vorheriger Gewinn- und Verlusterfahrungen wurde von der *transformierten Wahrnehmung von Wahrscheinlichkeiten* in Ermangelung einer adäquaten Theorie *bisher abgesehen*. Dieser Abschnitt befasst sich daher mit der Frage, inwiefern der Aspekt der *Gewichtung von Wahrscheinlichkeiten* im Sinne der CPT (vgl. Abschnitt 2.1.3) zumindest bei der *Auswahl von* (reinen) *Gleichgewichten* berücksichtigt werden kann. Dabei soll auch die *subjektive Ergebniswahrnehmung berücksichtigt* werden.

### Die Auswahltheorie von Harsanyi (1995a)

Den *Ausgangspunkt* bildet die *Gleichgewichtsauswahltheorie* von Harsanyi (1995a), welche *im Hinblick auf* die für die folgende Argumentation *notwendigen Aspekte* kurz *skizziert* werden soll. Dabei werden bereits *notwendige Vereinfachungen* vorgenommen.

Gegeben seien in einem *Normalformspiel*<sup>9</sup>  $G = (S_1, \dots, S_n; H_1, \dots, H_n; J)$  mit  $S = S_1 \times \dots \times S_n$  eine Menge  $\tilde{S} \subseteq S$  *reiner Gleichgewichte*<sup>10</sup>, von denen

<sup>9</sup>Für die Definition der verwendeten Symbole siehe Abschnitt 3.1.

<sup>10</sup>Im Original ist die Gleichgewichtsauswahltheorie von Harsanyi (1995a) auch auf gemischte Gleichgewichte anwendbar. Um die Idee des Integrierens der Risikowahrnehmung gemäß der CPT zu veranschaulichen, sei zur Vereinfachung nur die Diskreminierung zwischen reinen Gleichgewichten betrachtet. Außerdem benötigt man zur Definition reiner Gleichgewichte keine Wahrscheinlichkeitsverteilungen, was die Existenz solcher auch unter der Annahme transformierter Wahrscheinlichkeiten sichert.

gefordert wird, dass diese *perfekt* sind<sup>11</sup>. Beim Spiel  $G$  handelt es sich dabei um ein sogenanntes *reduziertes Spiel*, d. h. *inferiore* (dominierte) Strategien<sup>12</sup> wurden bereits eliminiert und *duplikate Spieler* durch einen Repräsentanten ersetzt<sup>13</sup>. Weiterhin sei an dieser Stelle, entgegen der allgemeinen Theorie von Harsanyi (1995a), vereinfachend angenommen, dass die Strategiemengen *keine duplikaten*<sup>14</sup> (oder semiduplikaten) Strategien enthalten<sup>15</sup>.

Der eigentliche *Auswahlprozess* basiert jetzt auf dem sogenannten Konzept der *Multilateralen Risikodominanz*. Diese unterscheidet sich dabei insofern von der etwa in der Auswahltheorie von Harsanyi und Selten (1988) betrachteten *Bilateralen Risikodominanz*, als dass jetzt *keine paarweisen Vergleiche* zwischen Gleichgewichten stattfinden, um die Auswahl mit der geringsten Riskanz für die Spieler zu sichern. Vielmehr wird das *risikominimalste Gleichgewicht direkt*, über eine (globale und simultante) *Betrachtung aller* Lösungskandidaten realisiert.

Folgt man dazu der Argumentation in Harsanyi (1995a), dann wird ein *rationaler Spieler* stets versuchen, eine Strategie zu wählen, die die *beste Antwort* auf die Strategiewahlen der anderen Spieler präsentiert. Dabei übernimmt der Spieler jedoch immer das *strategische Risiko*, dass die *gewählte Strategie keine beste Antwort ist*, da sich die *Erwartung* über die Strategiewahlen der anderen als *Irrtum* erweist.

---

<sup>11</sup>In der Originaltheorie wird gefordert, dass die Gleichgewichte *proper* (Myerson, 1978) und *persistent* (Kalai und Samet, 1984) sind. Gleichgewichte mit diesen Eigenschaften nennt Harsanyi *eligible* (geeignet) und begründet: „By my eligibility requirement, I want to ensure that the solution of the game will be a *perfect* equilibrium (as defined by Selten, 1975) as well as a *persistent* one. But actually I require *properness* rather than *perfectness* as such because I need a property ascertainable without going beyond the *normal form*, yet *implying* perfectness. This is so because my theory is a theory of noncooperative games in normal form. I want to ensure the solution will be a *persistent* equilibrium because Kalai und Samet (1984) have pointed out that nonpersistent equilibria have *extremely poor* stability properties.“ (Harsanyi, 1995a, S.113, Fußnote 12).

Neben dem „technischen“ Aspekt, den *Perfektheit* impliziert, ist *Persistenz* also eine strengere Stabilitätsforderung. Da der Anspruch dieses Abschnittes allerdings *nicht* in der Diskussion dieser Anforderungen, sondern in der Implementierung der Risikowahrnehmung bei der Gleichgewichtsauswahl besteht, soll die „einfache“ *Forderung nach Perfektheit* an dieser Stelle als *hinreichend* angesehen werden.

Weiterhin soll an dieser Stelle vernachlässigt werden, dass und wie eine nichtlineare Risikowahrnehmung evtl. auch Einfluss auf das Perfektheitskonzept haben kann.

<sup>12</sup>Siehe hierzu insbesondere Anhang A3.

<sup>13</sup>Siehe hierzu Harsanyi (1995a, S.98-99).

<sup>14</sup>Vgl. Anhang A3.

<sup>15</sup>Diese Vereinfachung ist vor dem Hintergrund der Betrachtung ausschließlich *reiner* Gleichgewichte notwendig.

Dazu wird in der Theorie von Harsanyi (1995a) ein *Maß* entwickelt, dass die *Höhe des Risikos* für die *Auswahl* einer speziellen (reinen) *Strategie präsentiert*, und aus diesem wird eine *theoretische Wahrscheinlichkeit abgeleitet*, mit der es zur *Auswahl einer Gleichgewichtsstrategiekombination* kommt: „Even though the players cannot fully avoid the stratetic risk that their strategies will not be the best replies to the other player’s strategies, they can presumable *reducce* this risk by using strategies corresponding to that particular equilibrium that is, as judged by the players’ incentives in the game, the equilibrium with the *highest* theoretical realization probability.“ (Harsanyi, 1995a, S.92). Dasjenige *Gleichgewicht* wird also *ausgewählt*, dessen (theoretische) *Realisationswahrscheinlichkeit am größten* ist.

Um *multilaterale Betrachtung* eines Spiels umzusetzen, werden in der Auswahltheorie von Harsanyi (1995a) *keine gemischten Strategien*<sup>16</sup> als solche betrachtet. Vielmehr werden *Wahrscheinlichkeitsverteilungen* über das *Zustandekommen reiner Strategiekombinationen* zugrunde gelegt.

Sei dazu  $K_i$  die *Anzahl von Elementen* in der reinen Strategiemenge  $S_i$  von Spieler  $i$  und  $M_i := \prod K_j (j \neq i)$  die Anzahl möglicher Strategiekombinationen  $s_{-i} \in S_{-i}$ , die durch alle anderen Spieler  $j \neq i$  gebildet werden können, dann identifiziert der (Verteilungs-) Vektor  $p_i = (p_i^1, \dots, p_i^m, \dots, p_i^{M_i})$  die *Erwartungen* (Wahrscheinlichkeiten), die Spieler  $i$  über die Wahl reiner Strategien der anderen Spieler hat.<sup>17</sup> Genauer,  $p_i^m$  ist die *Eintrittswahrscheinlichkeit* für die reine *Strategiekombination*  $s_{-i}^m$  im Strategievektor  $s^m$ .

Gegeben einen solchen *Erwartungsvektor*  $p_i$ , muss nun untersucht werden, welche reine Strategie des  $i$  nun die beste Antwort auf  $p_i$  repräsentiert. Dazu werden in der Harsanyi-Theorie *zwei Arten von Anreizproblemen* unterschieden, sogenannte *strukturelle* und *strategiesche* Anreize.

So hat das Auswahlproblem einer reinen Strategie zunächst eine (nichtstrategische) Komponente, die laut Harsanyi (1995a) *ausschließlich* auf der *eigenen Auszahlungsstruktur* und *ohne die Berücksichtigung* von weiteren *Informationen oder Erwartungen anderer Spieler* basiert.

In Spielen mit vollständiger Information *kennen alle Spieler* jedoch auch die

<sup>16</sup>Für die Defintion gemischter Strategien siehe Abschnitt 3.1.

<sup>17</sup>Für den Zusammenhang derartiger Verteilungen mit gemischten Strategien siehe Harsanyi (1995a, S.98-99).

strukturellen Anreize der jeweils anderen und dieser Umstand ist allen Spielern bekannt. Damit wird die Erwartungsbildung sowohl von den strukturellen Anreizen selbst, als auch von der Information über diesen Kenntnisstand abhängen. Es gibt also auch eine strategische Komponente, welche die Auswahl einer reinen Strategie  $s_i^k$  beeinflusst.

Gemessen wird der *strukturelle Anreiz unter Berücksichtigung der strategischen Komponente* durch die Größe des Stabilitätsbereiches einer entsprechenden reinen Strategie. Sei dazu  $P_i$  die Menge aller Erwartungsvektoren von Spieler  $i$ . Dann ist der Stabilitätsbereich  $\Sigma(s_i^k)$  einer reinen Strategie  $s_i^k$  des  $i$  definiert durch die Menge aller Erwartungsvektoren  $p_i \in P_i$ , so dass  $s_i^k$  beste Antwort ist.<sup>18</sup>

Um das *Ausmaß* eines strukturellen Anreizes unter der Berücksichtigung des strategischen Aspekts zu *quantifizieren*, wird in Harsanyi (1995a) postuliert, dass *Risiken* in Form des Erwartungsvektors  $p_i$  durch Spieler  $i$  nicht direkt, sondern *transformiert wahrgenommen* werden: „In everyday life people often make bets yielding *high* payoffs with rather *small* probabilities. Such bets are regarded as being *riskier* the *smaller* the probabilities of winning these bets. This suggests that people measures the risks involved by the *reciprocals* of the probabilities of winning.“ (Harsanyi, 1995a, S. 102).

Formal bedeutet die *subjektive Einschätzung des Spielers  $i$*  einer Wahrscheinlichkeit  $p_i^m$  des Erwartungsvektors  $p_i = (p_i^1, \dots, p_i^m, \dots, p_i^{M_i})$  dabei eine (normierte) *Transformation*  $f_i : (0, 1)^{M_i} \rightarrow (0, 1]$  mit

$$f_i(p_i^m) = \frac{\frac{1}{p_i^m}}{\sum_{j=1}^{M_i} \frac{1}{p_i^j}}. \quad (5.11)$$

Die *Risikowahrnehmung* eines Erwartungsvektors  $p_i$  durch Spieler  $i$  ist also durch den *Funktionenvektor*

$$F(p_i) := (f_i(p_i^1), \dots, f_i(p_i^{M_i})) \quad (5.12)$$

*charakterisiert.*

Damit kann das *Ausmaß* eines strukturellen Anreizes unter der Berücksichtigung des strategischen Aspekts für die Auswahl der reinen Strategie  $s_i^k$  durch die Größe des Bildes von  $F$  bezüglich der Größe des durch den Stabilitätsbereich von  $s_i^k$  determinierten Wertebereiches gemessen werden. Innerhalb

---

<sup>18</sup>Für eine Charakterisierung der Stabilitätsbereiche mittels eines Ungleichungssystems siehe Harsanyi (1995a).

der *Maß- und Integrationstheorie*<sup>19</sup> geschieht dies üblicherweise mit Hilfe des sogenannten *Lebesgue-Maßes*  $\ell$ , d. h. nach dem *Transformationssatz*<sup>20</sup> von Jacobi (1841) gilt:

$$\ell(F|_{(0,1)^{M_i-1}}) = \underbrace{\int \dots \int}_{\Sigma(s_i^k)} |\det[J(F(p_i))]| dp_i^1 \dots dp_i^{M_i-1}. \quad (5.13)$$

Dabei bezeichnet  $F|_{(0,1)^{M_i-1}}$  die *Einschränkung*<sup>21</sup> von  $F$  auf  $(0,1)^{M_i-1}$  und  $\det[J(F(p_i))]$  die *Determinante* der *Jacobi-* (oder *Funktional-*) *Matrix* von  $F$  mit den insgesamt  $(M_i - 1)$ -vielen<sup>22</sup> Variablen  $p_i^m$ .

Bezeichnet man den Ausdruck in 5.13 kurz mit  $\varsigma(s_i^k)$ , dann ist für ein *reines Gleichgewicht*  $\tilde{s} = (\tilde{s}_1, \dots, \tilde{s}_n)$  das Produkt

$$\varsigma(\tilde{s}) := \varsigma(\tilde{s}_1) \cdot \dots \cdot \varsigma(\tilde{s}_n) \quad (5.14)$$

*proportional zur Realisationswahrscheinlichkeit*<sup>23</sup> von  $\tilde{s}$ . Sind also zwei *reine Gleichgewichte*  $\tilde{s}$  und  $\hat{s}$  gegeben, dann erfolgt die auf *Multilateraler Risikodominanz* basierte *Auswahl* einfach durch den folgenden Vergleich: Ist  $\varsigma(\tilde{s}) > \varsigma(\hat{s})$ , dann wird  $\tilde{s}$  ausgewählt.<sup>24</sup>

In der Auswahltheorie von Harsanyi (1995a) wird der Aspekt einer möglichen *Auszahlungsdominanz* also *ignoriert*.<sup>25</sup> Darüber hinaus ist in Harsanyi (1995a) gezeigt, dass diese Vorgehensweise dazu führt, dass eine für *Einstimmigkeitsspiele* verallgemeinerte *Nash-Bargaining-Solution*<sup>26</sup> (Nash-Produkte)

<sup>19</sup>Für eine Einführung siehe etwa Bauer (1992) und Elstrodt (1999).

<sup>20</sup>Für eine moderne Präsentation siehe Elstrodt (1999, S. 201).

<sup>21</sup>Da  $F$  in den Randpunkten nicht definiert ist.

<sup>22</sup>Die Dimension des Integrals ist nur  $M_i - 1$ , da für die Elemente (Wahrscheinlichkeiten) des Erwartungsvektors  $p_i$  gelten muss  $\sum_{j=1}^{M_i} p_i^j = 1$ , d. h. eine Wahrscheinlichkeit substituiert werden kann.

<sup>23</sup>Unter der (üblichen) Annahme, dass die Spieler ihre reinen Strategien *unabhängig* voneinander wählen.

<sup>24</sup>Im Original werden die  $\varsigma(\tilde{s}_1), \dots, \varsigma(\tilde{s}_n)$  noch normiert, um die Realisationswahrscheinlichkeit direkt ablesen zu können. Dies hat allerdings keinen Effekt auf das Auswahlresultat, daher soll an dieser Stelle darauf verzichtet werden.

<sup>25</sup>„...further reflection Aumann's (1990) arguments has now convinced me that a solution theory for *noncooperative* games *cannot* assume, that in case payoff dominance and risk dominance run in opposite directions between two equilibria, the players will actually choose the payoff-dominant equilibrium over the risk dominant one.“ (Harsanyi, 1995a, S.94).

<sup>26</sup>Vgl. auch mit den Ausführungen in Kapitel 3.

mit dem Ergebnis der auf *Multilateraler Risikodominanz* basierten Auswahltheorie *übereinstimmt*.<sup>27</sup>

### 5.2.1 Die Implementierung einer begrenzt rationalen Risiko- und Ergebniswahrnehmung

Betrachtet man den *Erwartungsvektor*  $p_i = (p_i^1, \dots, p_i^m, \dots, p_i^{M_i})$  dann *präsentiert* dieser das *Risiko* für das Zustandekommen von reinen Strategiekombinationen  $s_i^m$  ( $m = 1, \dots, M_i$ ). Wählt der  $i$ -te Spieler die reine Strategie  $s_i^k$ , dann *asoziiert* der Vektor  $(s_i^1, \dots, s_i^m, \dots, s_i^{M_i})$  (aller möglicher Strategiekombinationen bei fester Wahl  $s_i^k$  des  $i$ ) den *Auszahlungsvektor*  $(H_i^1, \dots, H_i^m, \dots, H_i^{M_i})$ , d. h. mit Wahrscheinlichkeit  $p_i^m$  kommt es zur Auszahlung  $H_i^m$ .

Auszahlungen lassen sich o.B.d.A *ordnen*:

$$H_i^1 < \dots < H_i^l < 0 < H_i^{l+1} < \dots < H_i^{M_i}.$$

Damit stellt sich eigentlich die Frage, *wie* der *Spieler i* die *Lotterie*

$$P = (p_i^1, H_i^1; \dots, p_i^l, H_i^l; 0; p_{l+1}, H_i^{l+1}; \dots; p_i^{M_i}, H_i^{M_i}) \quad (5.15)$$

*verarbeitet*.<sup>28</sup>

Unterstellt man ein *Verhalten* etwa *gemäß der Kumulativen Prospekttheorie* (vgl. Abschnitt 2.1.3), dann gilt für die *Ergebniswahrnehmung*:

$$\hat{H}_i^m = v(H_i^m), \quad (5.16)$$

mit der in 2.8 (siehe Abschnitt 2.1.2) definierten *Wertfunktion*. In Verbindung mit Theorem 10 (vgl. Abschnitt 3.2) scheint es also sinnvoll<sup>29</sup>, alle Auszahlungen  $H_j$  ( $j = 1, \dots, n$ ) im Ausgangsspiel  $G$  *durch* die mittels Wertfunktion

<sup>27</sup>Dieser Zusammenhang besteht *nicht*, wenn man einfach die Lebesgue-Maße der Stabilitätsbereiche betrachtet. Auch wenn man gemischte Strategien wie im normativen Grundmodell betrachtet, kann gezeigt werden, das (schon) für  $2 \times 3$ -Einstimmigkeitsspiele die auf dem Lebesgue-Maß der Stabilitätsbereiche basierende Auswahl *nicht* mit der Nash-Bargaining-Lösung übereinstimmt, siehe etwa Elberfeld und Löffler (2000).

<sup>28</sup>Folgt man Harsanyi's Argumentation, dann sind interaktive bzw. *strategische Aspekte* durch die *Stabilitätsbereiche* abgebildet, d. h. die Bezeichnung *Lotterie* ist an dieser Stelle gerechtfertigt.

<sup>29</sup>Theorem 10 schließt den Fall neutraler Erfahrungen ( $e = 0$ ) ein und besagt, dass reine Gleichgewichte im Ausgangsspiel identisch denen eines Spieles sind, bei denen die *ursprünglichen Auszahlungen* durch (auf der PT-Wertfunktion basierte) monotone Transformationen ersetzt werden.

transformierten Auszahlungen  $\hat{H}_j$  zu ersetzen. Die Menge reiner Gleichgewichte im nicht transformierten und transformierten Spiel ist dabei *identisch*.

Zu den mit einem Erwartungsvektor assoziierten Auszahlungen<sup>30</sup>  $(H_i^1, \dots, H_i^{M_i})$  korrespondieren aufgrund von 2.11 in Abschnitt 2.1.3 entsprechende *Gewichte*  $(\pi(p_i^1), \dots, \pi(p_i^{M_i}))$ . Damit ergeben sich zunächst *neue Stabilitätsbereiche* durch die folgende *Definition*: Der *Stabilitätsbereich*  $\Sigma_\pi(s_i^k)$  einer reinen Strategie  $s_i^k$  ist die Menge aller Erwartungsvektoren  $p_i$ , so dass  $s_i^k$  beste Antwort auf  $\pi(p_i) := (\pi(p_i^1), \dots, \pi(p_i^{M_i}))$  ist. Damit wird der *strukturelle Anreiz unter Berücksichtigung der strategischen Komponente* wiederum durch die *Größe des Stabilitätsbereiches* einer entsprechenden reinen Strategie abgebildet.

Die *Quantifizierung des Ausmaßes* eines strukturellen Anreizes unter der Berücksichtigung des strategischen Aspekts erfolgte bei Harsanyi (1995a) durch die *Größe des Bildbereichs von Transformationen* der Wahrscheinlichkeiten des Erwartungsvektors  $p_i$ . Dies geschah mit der Begründung, dass Menschen bei der Beurteilung von Risiken unterstellen, dass *hohe* (positive) *Auszahlungen mit kleinen Wahrscheinlichkeiten* (also großen Risiken) und *kleine* (positive) *Auszahlungen mit großen Wahrscheinlichkeiten* (also geringen Risiken) verbunden sind.

Unterstellt man, dass auch in Entscheidungssituationen mit strategischer Interaktion die von den Auszahlungen abhängige *Risikowahrnehmung* gemäß der CPT geschieht, ist es naheliegend die (normierten) *Transformationen der Elemente* des Erwartungsvektors  $p_i$  via  $f_i^\pi : [0, 1]^{M_i} \longrightarrow [0, 1]$  mit

$$f_i^\pi(p_i^m) = \frac{\pi(p_i^m)}{\sum_{j=1}^{M_i} \pi(p_i^j)}. \quad (5.17)$$

darzustellen. Die *Risikowahrnehmung* eines Erwartungsvektors  $p_i$  durch Spieler  $i$  ist dann *durch den Funktionenvektor*

$$F^\pi(p_i) := (f_i^\pi(p_i^1), \dots, f_i^\pi(p_i^{M_i})) \quad (5.18)$$

*charakterisiert*. Das *Ausmaß* eines strukturellen Anreizes unter der Berücksichtigung des strategischen Aspekts *für die Auswahl* der reinen Strategie  $s_i^k$  wird wieder durch das *Lebesgue-Maß  $\ell$  der Bildmenge* (diesmal das Bild von  $F^\pi$ ) mit dem *Stabilitätsbereich*  $\Sigma_\pi(s_i^k)$  von  $s_i^k$  als *Integrationsgebiet* gemessen,

---

<sup>30</sup>Im Folgenden sei bei der Bezeichnung zur Vereinfachung auf die separate Betrachtung von Gewinnen und Verlusten in der Darstellung verzichtet.

d. h.

$$\varsigma^\pi(s_i^k) := \ell(F^\pi) = \underbrace{\int \dots \int}_{\Sigma_\pi(s_i^k)} |\det[J(F^\pi(p_i))]| dp_i^1 \dots dp_i^{M_i-1}. \quad (5.19)$$

Dabei bezeichnet der Ausdruck  $\det[J(F^\pi(p_i))]$  die *Determinante* der *Jacobi*- (oder Funktional-) *Matrix* von  $F^\pi$ .

Das Produkt

$$\varsigma^\pi(\tilde{s}) := \varsigma^\pi(\tilde{s}_1) \cdot \dots \cdot \varsigma^\pi(\tilde{s}_n) \quad (5.20)$$

ist *proportional* zur subjektiven *Realisationswahrscheinlichkeit* von  $\tilde{s}$ . Für zwei reine Gleichgewichte  $\tilde{s}$  und  $\hat{s}$  erfolgt die auf *Multilateraler Risikodominanz* und (bezüglich der CPT) *begrenzt rationaler Risiko- und Ergebnismwahrnehmung* basierte Auswahl wiederum durch das folgende Kriterium: Ist  $\varsigma^\pi(\tilde{s}) > \varsigma^\pi(\hat{s})$ , dann wird  $\tilde{s}$  ausgewählt.

### 5.2.2 Idee für eine experimentelle Studie

Nachdem gezeigt wurde, wie man Aspekte *begrenzt rationaler Risiko- und Ergebnismwahrnehmung* bei der Auswahl<sup>31</sup> reiner Gleichgewichte (theoretisch) berücksichtigen kann, besteht der Anspruch natürlich in der empirischen Überprüfung resultierender Hypothesen in Form eines *computergestützten* Laborexperiments:

---

<sup>31</sup>Eigentlich müssten derartige *Aspekte begrenzter Rationalität* in einem *spieltheoretischen Gesamtmodell* berücksichtigt werden. Für die *Definition reiner Gleichgewichte* hätte dies zunächst keine Konsequenzen.

Allerdings müsste man bei der *Definition gemischter Strategien* und *Gleichgewichte* kumulative *Transformationen* der CPT *berücksichtigen*. Unter Zugrundelegung etwa des Axiomensystems von Wakker und Zank (2002) ist die *Existenz* des resultierenden, *transformierten erwarteten Payoffs* zwar *gesichert*. Allerdings müssten derartig transformierte Spiele auf die *Existenz* von gemischten *Gleichgewichten* untersucht werden, siehe dazu nächster Abschnitt. (Dann könnte man versuchen, das Konzept der Multilateralen Risikodominanz in Anlehnung an Harsanyi (1995a) auch auf multiple gemischte Gleichgewichte zu erweitern.)

Weiterhin können *individuelle Transformationen* einen Widerspruch zu der Annahme *vollständiger Information* bedeuten, insbesondere, falls Resultate (noch durchzuführender Studien) etwa das Konzept der *Sozialen Projektion* für Frauen in Frage stellen würden.

Weitere Postulate etwa der *Rationalen Erwartung* und *Optimalität* (vgl. Abschnitt 3.1) sollten und könnten möglicherweise *beibehalten* werden. Allerdings ist vor dem Hintergrund eines gemäß der CPT definierten Spiels und im Zusammenhang mit einer auf *Multilateraler Risikodominanz* basierenden Auswahltheorie zu prüfen, inwiefern eine entsprechende *Lösungskorrespondenz*, etwa wie in Güth (2002), *axiomatisch fundierbar* ist.



- Zunächst sollte man dafür sehr *einfache Spiele*, d. h. Spiele mit niedriger Dimension, *zugrunde legen*.<sup>32</sup>
- In einem anschließenden *Messteil* könnte man dann etwa durch die in Abschnitt 5.1 beschriebene Prozedur individuelle *Wert-* und (Approximationen von) *Gewichtungsfunktionen bestimmen*. Für diese Gewichtungsfunktionen *berechnet der Computer* im Hintergrund *Auszahlungen eines Spiels* (mit multiplen reinen Gleichgewichten), so dass für alle Spieler  $i$  etwa die Wahl der *Gleichgewichtsstrategie*  $s_i^k$  mit der oben beschriebenen, auf subjektiver Risiko- und Ergebniswahrnehmung basierten *Auswahltheorie korrespondiert*, während die Wahl von  $s_i^r$  eine *alternative Auswahltheorie* identifiziert.
- Anschließend findet ein *Matching* der Spieler statt, wobei den jeweiligen Gegenspielern jeweils das in der ersten Runde generierte Spiel vorgelegt wird. Dies ist notwendig, um *Anreizkompatibilität* sicher zu stellen: Für die Auszahlung relevant werden dann die in jeweils *gleichen Spielen* getroffenen *Strategiewahlen*.
- Die *Auswertung* basiert dann auf den Strategiewahlen der *ersten Runde*: Sind die *Strategiewahlen* für eine Auswahltheorie *überzufällig wenig*, dann kann diese *Auswahltheorie* (in dieser Studie) als *falsifiziert* angesehen werden (vgl. auch Abschnitt 1.3).

### 5.3 Gibt es die CP(A)-Spieltheorie?

Ausgangspunkt für die folgenden Ausführungen ist die Frage, ob die durch die CPT abgebildeten Phänomene bei der Bewertung von riskanten Entscheidungssituationen auch in solchen riskanten Entscheidungssituationen *mit strategischer Interaktion* auftreten können. (Dabei soll sich wieder auf nichtkooperative Spiele mit vollständiger Information beschränkt werden.) Um dieser Frage empirisch nachzugehen, benötigt man zunächst eine entsprechende Theorie, im Folgenden mit CPT(A)-Spieltheorie bezeichnet.

In Spielen hängen *Auszahlungen* für einen Spieler von spezifischen *Strategiekombinationen* ab.<sup>33</sup> Diese Strategiekombinationen treten mit gewissen Wahrscheinlichkeiten ein. Unter der Annahme, dass alle Spieler ihre Strategie unabhängig voneinander wählen, lässt sich die *Eintrittswahrscheinlichkeit*

<sup>32</sup>In einem  $3 \times 2$ -Spiel etwa, enthält der Vektor  $F$  bzw.  $F^\pi$  bereits acht, die Jakobi-Matrix  $J$  entsprechend 64 Elemente!

<sup>33</sup>Vergleiche mit Abschnitt 3.1.

für eine Strategiekombination als das Produkt aller einzelnen Wahrscheinlichkeiten für die in der Strategiekombination enthaltenen Strategie darstellen. Etwas formaler ausgedrückt, eine Strategiekombination  $s^k$  entsteht mit der Wahrscheinlichkeit  $P^k(q) = q_k^1 \cdot \dots \cdot q_k^n$ , wobei die  $q_k^j$  die Wahrscheinlichkeit präsentiert, mit der Spieler  $i$  die im Vektor  $s^k$  enthaltene Strategie  $s_j^k$  spielt. Jede Strategiekombination  $s^k$  realisiert einem Spieler  $j$  dabei eine Auszahlung  $H_j(s^k)$  und die Anzahl aller möglichen Strategiekombinationen ist dann  $|S|$  (der Mächtigkeit der Menge  $S$ ).

Wenn jetzt der Frage nachgegangen wird, welche gemischte Strategie von einem (rationalen) Spieler  $i$  gewählt werden sollte, dann wird innerhalb der (normativen) Spieltheorie davon ausgegangen, dass ein Spieler Präferenzen für die *Lotterie*

$$P = \left( P^1(q), H_j(s^1); P^2(q), H_j(s^2); \dots; P^{|S|}(q), H_j(s^{|S|}) \right) \quad (5.21)$$

und zwar für alle möglichen Verteilungen  $(P^1(q), \dots, P^{|S|})$  bilden kann. Diese Präferenzen werden durch die *erwartete Auszahlung*

$$V_j(q) = \sum_{k=1}^{|S|} P^k(q) \cdot H_j(s^k) \quad (5.22)$$

abgebildet.

Auszahlungen in Spielen bestehen aus Gewinnen und Verlusten, was eine (von der größten bis zur kleinsten Auszahlung) geordnete Darstellung von 5.21 durch

$$P = \left( P^1(q), H_j(s^1); \dots, P^l(q), H_j(s^l); 0; P^{l+1}(q), H_j(s^{l+1}), \dots; P^n(q), H_j(s^n) \right)$$

erlaubt.<sup>34</sup>

Unterstellt man jetzt Verhaltensannahmen in Form der Axiome „Schwache Ordnung“ (d. h. „Vollständigkeit“ und „Transitivität“), „Stochastische Dominanz“, „Einfache Stetigkeit“, „Teilweise Unabhängigkeit“ und „Konstante Proportionale Risikoeinstellung“ gemäß einer Kumulativen Prospekttheorie für riskante Entscheidungsprobleme im Sinne von Wakker und Zank (2002)<sup>35</sup>,

<sup>34</sup>Zur Vereinfachung sei o.B.d.A. angenommen, dass die ersten beiden Elemente in 5.21 geordnete Gewinne sind, um eine Neu-Indizierung zu vermeiden.

<sup>35</sup>Vergleiche Abschnitt 2.1.3. Man könnte hier zusätzlich auch das Axiom „Aggregation“ fordern, was aber nur Auszahlungstransformationen nach sich zieht, und im Hinblick auf die folgende Argumentation keine Konsequenzen hat.

dann hat dies zur Konsequenz, dass die erwartete Auszahlung in 5.3 umgeschrieben werden muss zur *subjektiven erwarteten Auszahlung*:

$$V_j^{CPT}(q) = \sum_{k=1}^l \pi_k^-(q) \cdot v(H_j(s^k)) + \sum_{k=l+1}^n \pi_k^+(q) \cdot v(H_j(s^k)). \quad (5.23)$$

Dabei sind die Entscheidungsgewichte  $\pi^-$  und  $\pi^+$  für den Verlust- und Gewinnbereich wieder durch die Gewichtungsfunktionen  $w^-$  und  $w^+$  definiert durch:

$$\pi_j^+ := w^+ \left( \sum_{i=1}^j p_i \right) - w^+ \left( \sum_{i=1}^{j-1} p_i \right) \quad \forall j \leq l, \quad (5.24)$$

$$\pi_j^- := w^- \left( \sum_{i=1}^n p_i \right) - w^- \left( \sum_{i=j+1}^n p_i \right) \quad \forall j > l. \quad (5.25)$$

Die Abbildung  $v$  ist dabei die in Gleichung 2.8 definierte *Wertfunktion*.<sup>36</sup>

Im Hinblick auf die Axiome „*Optimalität*“ und „*Rationale Erwartung*“<sup>37</sup> kann man jetzt zunächst wieder einen Lösungskandidaten für ein Spiel definieren:

**Definition 4** Eine Strategiekombination  $\tilde{q} = (\tilde{q}^1, \dots, \tilde{q}^n) \in Q$  heißt (*gemischtes*) Nash-Gleichgewicht, wenn für jede gemischte Strategie  $q^j \in Q_j$  eines jeden Spielers  $j \in J$  gilt:

$$V_j^{CPT}(\tilde{q}^{-j}, \tilde{q}^j) \geq V_j^{CPT}(\tilde{q}^{-j}, q^j). \quad (5.26)$$

*Elementar für eine CPT-Spieltheorie* ist es jetzt, ob man zeigen kann, dass alle Spiele mit den oben angegebenen Verhaltensannahmen über die Risiko- und Ergebniswahrnehmung auch (mindestens) ein Gleichgewicht besitzen, das heißt man benötigt einen allgemeinen *Existenzbeweis*.

Eine Möglichkeit könnte darin bestehen, die Beweisidee auf den *Fixpunktsatz* von Kakutani (1941) zu basieren. Dazu wird ein Gleichgewicht zunächst durch eine spezielle Funktion, die sogenannte *beste Antwortkorrespondenz*<sup>38</sup> charakterisiert. Ein Fixpunkt dieser Abbildung ist dann zugleich ein Gleichgewicht.

<sup>36</sup>Siehe Abschnitt 2.1.2.

<sup>37</sup>Vergleiche Abschnitt 3.1.

<sup>38</sup>Für eine formale Definition dieses und folgender Begriffe siehe etwa Berninghaus, Ehrhart und Güth (2002).

Damit der Kakutani'sche Fixpunktsatz angewendet werden kann, müssen bestimmte Voraussetzungen erfüllt sein. So muss die *beste Antwortkorrespondenz* erstens eine *oberhalb-stetige Selbstabbildung auf einer kompakten und konvexen Teilmenge eines endlich dimensionalen Vektorraums* sein. Dies für die hier betrachtete Spielkasse zu zeigen, ist relativ einfach und kann auf die gleiche Art und Weise wie etwa in Berninghaus, Ehrhart und Güth (2002, S. 385-386) erfolgen.

Problematisch ist hingegen die Forderung, dass die beste Antwortkorrespondenz *konverxwertig* sein muss. Maßgeblich hierfür ist nämlich, dass die erwartete Auszahlungsfunktion, definiert in 5.23, *quasi-konkav in  $q_j$*  also der eigenen gemischten Strategie ist.

Für etwa das in Abbildung 5.2 definierte Spiel kann man dabei wie folgt vorgehen.<sup>39</sup> Das  $p$  symbolisiert die Wahrscheinlichkeit des ersten Spielers sei-

		Spieler 2	
		$q$	$1 - q$
Spieler 1	$p$	(1,-1)	(0,0)
	$1 - p$	(0,0)	(-1,1)

Abbildung 5.2: Mögliches Beispiel.

ne erste Strategie zu spielen und  $1 - p$  entsprechend die Wahrscheinlichkeit für die Wahl der zweiten Strategie (entsprechend für den zweiten Spieler).

Für Spieler 1 bedeutet die *Quasi-Konkavität*<sup>40</sup>, dass für die *subjektive erwartete Auszahlung*  $V^{CPT}$  und für alle  $p_1, p_2$  und alle  $\lambda \in [0, 1]$  gelten muss:

$$V^{CPT}((1 - \lambda)p_1 + \lambda p_2) \geq \min\{V^{CPT}(p_1), V^{CPT}(p_2)\}. \quad (5.27)$$

Sei o.B.d.A.  $V^{CPT}(p_1) \leq V^{CPT}(p_2)$ . Dann muss gezeigt werden (wegen der Irrelevanz der Auszahlungstransformation sei an dieser Stelle darauf verzichtet), dass gilt

$$V^{CPT}(p_1) \leq V^{CPT}((1 - \lambda)p_1 + \lambda p_2).$$

Dabei ist

$$V^{CPT}(p_1) = w^+(p_1 \cdot q) - w^-((1 - p_1)(1 - q))$$

<sup>39</sup>Natürlich ergibt sich die Existenz hier trivial, es geht an dieser Stelle aber darum, die Geeignetheit/Ungeeignetheit eines mathematischen Ansatzes zu demonstrieren.

<sup>40</sup>Für eine allgemeine Definition siehe Anhang A.

und

$$V^{CPT}((1-\lambda)p_1 + \lambda p_2) = \begin{aligned} & w^+((1-\lambda)p_1 + \lambda p_2)q \\ & - w^-((1 - ((1-\lambda)p_1 + \lambda p_2))(1-q)). \end{aligned}$$

Aus der Quasikonkavität von  $w^+$  und der *Quasikonvexität*<sup>41</sup> von  $w^-$  kann jetzt aus Korollar 5 in Anhang A gefolgert werden:

$$w^+((1-\lambda)p_1 + \lambda p_2)q \geq \min\{w^+(p_1q), w^+(p_2q)\}$$

und

$$\begin{aligned} & -w^-((1 - ((1-\lambda)p_1 + \lambda p_2))(1-q)) \geq \\ & -\max\{w^-((1-p_1)(1-q)), w^-((1-p_2)(1-q))\}. \end{aligned}$$

Ist jetzt  $p_1 \cdot q < p_2 \cdot q$ , dann gilt

$$\begin{aligned} \min\{w^+(p_1q), w^+(p_2q)\} &= w^+(p_1q), \\ \max\{w^-((1-p_1)(1-q)), w^-((1-p_2)(1-q))\} &= w^-((1-p_1)(1-q)), \end{aligned}$$

was bedeutet, dass

$$w^+(p_1q) - w^-((1-p_1)(1-q)) = V^{CPT}(p_1) \leq V^{CPT}((1-\lambda)p_1 + \lambda p_2)$$

erfüllt ist. Ist umgekehrt  $p_1 \cdot q \geq p_2 \cdot q$ , dann gilt:

$$\begin{aligned} \min\{w^+(p_1q), w^+(p_2q)\} &= w^+(p_2q), \\ \max\{w^-((1-p_1)(1-q)), w^-((1-p_2)(1-q))\} &= w^-((1-p_2)(1-q)), \end{aligned}$$

und der Nachweis ergibt sich aus der Annahme „ $V^{CPT}(p_1) \leq V^{CPT}(p_2)$ “.

Für dieses Beispiel erscheint es, dass der Ansatz mit Hilfe quasi-konkaver subjektiv erwarteter Auszahlungsfunktionen über die Zugrundelegung des Fixpunktsatzes von Kakutani (1941) zu argumentieren, sinnvoll ist. Hilfreich war dabei insbesondere der Umstand, dass es sich bei der Wahrscheinlichkeitsgewichtungsfunktion der CPT um eine monoton wachsende Transformation handelt, welche sowohl quasi-konkav als auch quasi-konvex ist<sup>42</sup>.

Leider kann diese *Vorgehensweise* auch *scheitern*, wie das folgende Beispiel illustriert. Man betrachte dazu das (bekannte) BOS-Spiel in Abbildung 5.3.

<sup>41</sup>Für eine allgemeine Definition siehe Anhang A.

<sup>42</sup>Siehe auch Anhang A2.

		Spieler 2	
		$q$	$1 - q$
Spieler 1	$p$	(2,1)	(0,0)
	$1 - p$	(0,0)	(1,2)

Abbildung 5.3: (Un-)Mögliches Beispiel.

(wieder werden Auszahlungstransformationen vernachlässigt). In Analogie zum ersten Beispiel muss auch hier unter der Annahme „ $V^{CPT}(p_1) \leq V^{CPT}(p_2)$ “ gezeigt werden, dass gilt:

$$V^{CPT}(p_1) \leq V^{CPT}((1 - \lambda)p_1 + \lambda p_2).$$

Da der Spieler hier bei Koordination allerdings nur Gewinne realisieren kann, muss gezeigt werden, dass

$$\begin{aligned} V^{CPT}((1 - \lambda)p_1 + \lambda p_2) &= w^+((1 - \lambda)p_1 + \lambda p_2)q \dots \\ \dots + w^+((1 - \lambda)p_1 + \lambda p_2)q + & (1 - ((1 - \lambda)p_1 + \lambda p_2))(1 - q)). \end{aligned}$$

immer größer ist als

$$w^+(p_1q) + w^+(p_1q + (1 - p_1)(1 - q)).$$

Es gelten aufgrund der Quasi-Konkavität von  $w^+$  wieder die Abschätzungen

$$w^+((1 - \lambda)p_1 + \lambda p_2)q \geq \min\{w^+(p_1q), w^+(p_1q)\}$$

und

$$\begin{aligned} & w^+((1 - \lambda)p_1 + \lambda p_2)q + (1 - ((1 - \lambda)p_1 + \lambda p_2))(1 - q)) \\ & \geq \min\{w^+(p_1q + (1 - p_1)(1 - q)), w^+(p_2q + (1 - p_2)(1 - q))\}. \end{aligned}$$

Untersucht man jetzt den Fall „ $p_1q < p_2q$ “ dann gilt zwar

$$\min\{w^+(p_1q), w^+(p_1q)\} = w^+(p_1q),$$

die Abschätzung

$$\begin{aligned} & \min\{w^+(p_1q + (1 - p_1)(1 - q)), w^+(p_2q + (1 - p_2)(1 - q))\} \\ & = w^+(p_1q + (1 - p_1)(1 - q)) \end{aligned}$$

ist aber nur für den Fall  $q > 0.5$  richtig, d. h. die *Summe monotoner Gewichtungsfunktionen* als *Transformation affiner Abbildungen mit einer unterschiedlichen Variablenanzahl* ist im Allgemeinen *nicht quasi-konkav*.

Die Ausführungen zum BOS-Spiel haben demonstriert, dass ein *auf* dem *Kakutani'schen Fixpunktsatz*, insbesondere über die Argumentation quasi-konkaver (und quasi-konvexer) Wahrscheinlichkeitsgewichtungsfunktionen, *basierter Ansatz*, *nicht geeignet* scheint, einen *allgemeinen Existenzbeweis* zu erbringen. Die *Frage* nach der *Existenz* einer *CPT(A)-Spieltheorie* ist also *unbeantwortet*.

Damit lässt sich als ein *weiteres theoretisches Forschungsziel* der *mathematische Existenzbeweis* für Spiele unter den Annahmen der CPT formulieren. *Hilfreich* könnten in diesem Zusammenhang die *verschiedenen mathematischen Charakterisierungsansätze von Gleichgewichten* in McKelvey und McLennan (1996) bzw. die mathematische Fundierung dieser alternativen Charakterisierungen sein.

Abschließend sei noch erwähnt, dass ein *Existenzbeweis für eine CPT-Spieltheorie identisch einem für eine CPTA-Spieltheorie* sein muss, da sich eine aggregierte Berücksichtigung vorheriger Gewinn- und Verlusterfahrungen mit Auszahlungen in Spielen innerhalb der (subjektiv) erwarteten Auszahlungsfunktion lediglich in Auszahlungstransformationen widerspiegelt. Die Variablen des erwarteten Payoffs sind jedoch die Wahrscheinlichkeiten (Risiken) in Form gemischter Strategien.

# Anhang A

## Analytische Grundlagen

### A.1 Konvexe Mengen und Funktionen

**Definition 1** Die Menge  $C \subseteq \mathbb{R}^n$  heißt konvex, falls mit  $a, b \in C$  auch die Verbindungsstrecke

$$s(a, b) := \{(1 - \lambda)a + \lambda b \mid 0 \leq \lambda \leq 1\} \quad (\text{A.1})$$

zu  $C$  gehört.

**Definition 2** Sei  $C \subseteq \mathbb{R}^n$  eine nichtleere, konvexe Menge, dann heißt die Funktion  $f : C \rightarrow \mathbb{R}$  konvex, wenn

$$f((1 - \lambda)a + \lambda b) \leq (1 - \lambda)f(a) + \lambda f(b) \quad (\text{A.2})$$

für alle  $a, b \in C$  und alle  $\lambda \in [0, 1]$  gilt. Gilt für alle  $a, b \in C$  und alle  $\lambda \in [0, 1]$

$$f((1 - \lambda)a + \lambda b) \geq (1 - \lambda)f(a) + \lambda f(b), \quad (\text{A.3})$$

dann heißt  $f$  konkav. Ist für  $\lambda \in (0, 1)$  in (A.2) und (A.3) die Ungleichung strikt, d. h. mit „<“ bzw. „>“ erfüllt, dann heißt  $f$  streng konvex bzw. streng konkav.

**Satz 1 (Charakterisierung)** Sei  $C \subseteq \mathbb{R}^n$  eine nichtleere, konvexe Menge. Weiter sei  $f : C \rightarrow \mathbb{R}$  und  $a, t, b \in C$  mit  $a < t < b$ . Dann sind die folgenden Bedingungen i) - v) äquivalent:

i)  $f$  ist streng konkav (streng konvex).

ii)

$$f(t) > (<) f(a) + \frac{f(b) - f(a)}{b - a}(t - a). \quad (\text{A.4})$$



iii)

$$\frac{f(t) - f(a)}{(t - a)} > (<) \frac{f(b) - f(a)}{b - a}. \quad (\text{A.5})$$

iv)

$$\frac{f(b) - f(a)}{(b - a)} > (<) \frac{f(b) - f(t)}{b - t}. \quad (\text{A.6})$$

v)

$$\frac{f(t) - f(a)}{(t - a)} > (<) \frac{f(b) - f(t)}{b - t}. \quad (\text{A.7})$$

**Beweis.** Es wird nur die Äquivalenz zwischen i) und ii) gezeigt. Die Äquivalenzen zwischen ii) und iii) bis v) ergeben sich durch einfache Umformungen.

Unter der Voraussetzung  $a < t < b$  existiert ein  $\lambda \in (0, 1)$ , so dass  $t$  als *Konvexkombination* aus  $a$  und  $b$  dargestellt werden kann, d. h. es ist:

$$t := (1 - \lambda)a + \lambda b.$$

Dies hat folgende Konsequenzen für A.4:

$$\begin{aligned} f((1 - \lambda)a + \lambda b) &> (<) \quad f(a) + \frac{f(b) - f(a)}{b - a}((1 - \lambda)a + \lambda b - a) = \dots \\ &\dots = \quad f(a) + (f(b) - f(a))\lambda = (1 - \lambda)f(a) + \lambda f(b). \end{aligned}$$

Dies ist gerade die Forderung von Definition 2.

## A.2 Quasi-konkave und quasi-konvexe Funktionen

**Definition 3** Sei  $C \subseteq \mathbb{R}^n$  eine nichtleere, konvexe Menge, dann heißt die Funktion  $f : C \rightarrow \mathbb{R}$  *quasi-konkav*, wenn

$$f((1 - \lambda)x + \lambda y) \geq \min\{f(x), f(y)\} \quad (\text{A.8})$$

für alle  $x, y \in C$  und alle  $\lambda \in [0, 1]$  gilt. Gilt für alle  $x, y \in C$  und alle  $\lambda \in [0, 1]$

$$f((1 - \lambda)x + \lambda y) \leq \max\{f(x), f(y)\}, \quad (\text{A.9})$$

dann heißt  $f$  *quasi-konvex*.

Im Folgenden wird mit  $a^T$  der Spaltenvektor, also der Transponierte des Zeilenvektors  $a = (a_1, \dots, a_n)$  bezeichnet.

**Satz 2** Sei  $f : \mathbb{R}^n \rightarrow \mathbb{R}$  affin, d. h.  $f(x) := a^T x + b$  mit  $a \in \mathbb{R}^n$  und  $b \in \mathbb{R}$ . Dann ist  $f$  sowohl quasi-konkav als auch quasi-konvex.

**Beweis.** Es ist

$$\begin{aligned} f((1-\lambda)x + \lambda y) &= a^T((1-\lambda)x + \lambda y) + b \\ &= a^T x + \lambda(a^T y - a^T x) + b. \end{aligned}$$

Sei jetzt o.B.d.A.  $f(y) = a^T y + b \leq a^T x + b = f(x)$ . Dies ist für reelles  $b$  äquivalent zu  $a^T y \leq a^T x$ .

Jetzt gilt einerseits wegen  $a^T x - a^T y \geq 0$ :

$$\begin{aligned} a^T x + \lambda(a^T y - a^T x) + b &\geq a^T x + \lambda(a^T y - a^T x) + b - (1-\lambda)(a^T x - a^T y) \\ &= a^T y + b. \end{aligned}$$

Dies bedeutet, dass  $f((1-\lambda)x + \lambda y) \geq \min\{f(x), f(y)\} = f(y)$  gilt. Mit anderen Worten,  $f$  ist quasi-konkav.

Andererseits ist wegen  $a^T y - a^T x \leq 0$ :

$$a^T x + \lambda(a^T y - a^T x) + b \leq a^T x + b.$$

Dies bedeutet, dass  $f((1-\lambda)x + \lambda y) \leq \max\{f(x), f(y)\} = f(x)$  gilt. Mit anderen Worten,  $f$  ist quasi-konvex.

(Den Fall  $f(y) \geq f(x)$  kann man analog zeigen.)

**Satz 3** Sei  $g : \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R}$  monoton wachsend und  $f : \mathbb{R}^n \rightarrow \mathbb{R}$  quasi-konkav (quasi-konvex). Dann ist  $F := g \circ f$  quasi-konkav (quasi-konvex).

**Beweis.** Sei o.B.d.A.  $f(y) \leq f(x)$ . Aufgrund der Quasi-Konkavität von  $f$  und der wachsenden Monotonie von  $g$  folgt:

$$\begin{aligned} F((1-\lambda)x + \lambda y) &= g(f((1-\lambda)x + \lambda y)) \\ &\geq g(\min\{f(x), f(y)\}). \end{aligned}$$

Aus der Voraussetzung folgt jetzt:

$$\begin{aligned} g(\min\{f(x), f(y)\}) &= g(f(y)) \\ &= \min\{F(x), F(y)\}. \end{aligned}$$

Mit anderen Worten,  $F = g \circ f$  ist ebenfalls quasi-konkav. Aufgrund der Quasi-Konvexität von  $f$  und der wachsenden Monotonie von  $g$  folgt:

$$\begin{aligned} F((1 - \lambda)x + \lambda y) &= g(f((1 - \lambda)x + \lambda y)) \\ &\leq g(\max\{f(x), f(y)\}). \end{aligned}$$

Aus der Voraussetzung folgt jetzt:

$$\begin{aligned} g(\max\{f(x), f(y)\}) &= g(f(x)) \\ &= \max\{F(x), F(y)\}. \end{aligned}$$

Mit anderen Worten,  $F = g \circ f$  ist ebenfalls quasi-konvex.

Aus Satz 2 und 3 kann man jetzt die einfache Aussage schlussfolgern:

**Korollar 5** *Die monoton wachsende Transformation einer affinen Abbildung ist sowohl quasi-konkav als auch quasi-konvex.*

# Anhang B

## Erläuterungen zu Kapitel 2

### B.1 Beweis der Anreizkompatibilität des MTK-Mechanismus

Der folgende Beweis gliedert sich in zwei Schritte: Zunächst wird gezeigt, dass innerhalb der vorgestellten Axiomatik davon ausgegangen wird, dass ein Entscheider (beliebig) verkettete Lotterien „verarbeiten“ kann. In einem zweiten Schritt wird gezeigt, dass es für den Entscheider optimal ist, wahre Präferenzrelationen anzugeben, wenn dieser damit rechnen muss, dass genau ein Lotterievergleich aus einer gegebenen Anzahl von  $N$  für diesen auszahlungsrelevant wird.

Seien die Lotterien  $P^1 = (p_1, x_1; \dots, p_n, x_n)$  und  $P^2 = (p_1, y_1; \dots, p_m, y_m)$  und ein  $t \in (0, 1)$  gegeben. Dann versteht man unter  $t \cdot P^1 + (1 - t) \cdot P^2$  die verkettete Lotterie<sup>1</sup>

$$(t \cdot p_1, x_1; \dots; t \cdot p_n, x_n; (1 - t) \cdot p_1, y_1; \dots; (1 - t) \cdot p_m, y_m).$$

Axiom 7 impliziert, dass verkettete Lotterien (oder *Konvexkombinationen* von Lotterien) wieder in der Menge  $\mathcal{P}$  aller Lotterien enthalten sind.<sup>2</sup> Mit anderen Worten, die Menge  $\mathcal{P}$  ist konvex (vergleiche auch Anhang A). Wir betrachten jetzt ein  $P \in \mathcal{P}$ . Aus der Konvexität von  $\mathcal{P}$  folgt, dass man  $P$  „dekompositionieren“ kann in  $P = t \cdot P^1 + (1 - t) \cdot P^2$  mit  $t \in (0, 1)$ . Jetzt kann man  $P^1$  darstellen als  $P^1 = r \cdot P^2 + (1 - r) \cdot P^3$  mit  $r \in (0, 1)$  und  $P^2$  in  $P^2 = s \cdot P^4 + (1 - s) \cdot P^5$  mit  $s \in (0, 1)$ , also

$$P = [t \cdot r \cdot P^2; t \cdot (1 - r) \cdot P^3; (1 - t) \cdot s \cdot P^4; (1 - t) \cdot (1 - s) \cdot P^5],$$

---

<sup>1</sup>Siehe S.1259 in Wakker und Zank (2002).

<sup>2</sup>Siehe auch S.148 in Hammond (1998).

usw. Da  $tr + t(1 - r) + (1 - t)s + (1 - t)(1 - s) = 1$ , also für die Verteilung  $T_1, T_2, T_3, T_4$  mit  $T_i \geq 0$  ( $i = 1, \dots, 4$ ) und  $T_1 + T_2 + T_3 + T_4 = 1$  gilt, folgt:

$$P = [T_1, P^1; T_2, P^2; T_3, P^3; T_4, P^4].$$

Daraus schließt man induktiv, dass jedes  $P \in \mathcal{P}$  die Darstellung

$$P = [T_1, P^1; \dots; T_N, P^N] \quad (\text{B.1})$$

für einen Index  $N$  besitzt. Innerhalb dieser Axiomatisierung kann ein Entscheider also verkettete Lotterien in Form von (B.1) „verarbeiten“.

Betrachtet man jetzt den MTK-Mechanismus, dann werden dort Relationen im paarweisen Vergleich zweier Lotteriefolgen  $[P_i^1, P_i^2]$  für  $i = 1, \dots, N$  angegeben. O.b.d.A sei die wahre Präferenz des Entscheiders  $P_i^1 \succ P_i^2$  für alle  $i = 1, \dots, N$  (was man durch geeignete Umnummerierung immer erreichen kann). Wir betrachten jetzt die Entscheidungssituation, in der der Entscheider seine wahren Präferenzen offenbart  $[N^{-1}, P_1^1; \dots; N^{-1}, P_N^1]$  versus einer beliebig anderen  $[N^{-1}, P_1^k; \dots; N^{-1}, P_N^k]$  für  $k \in \{1, 2\}$ . Beide Ausdrücke sind aufgrund der obigen Ausführungen sinnvoll definiert. Es ist

$$\sum_{i=1}^N N^{-1} \cdot P_i^1 \succ \sum_{i=1}^N N^{-1} \cdot P_i^k, \quad (\text{B.2})$$

falls mindestens ein  $k \in \{1, \dots, N\}$  ungleich Eins ist. Damit ist gezeigt, dass der Entscheider dann und nur dann seine Präferenz für das vorliegende Entscheidungsproblem maximiert, wenn er die wahren Relationen angibt.

## B.2 Beweis der Anreizkompatibilität des MBDM-Mechanismus

Zur Vereinfachung sei nur die einmalige Entscheidungssituation für positive Lotterievergleiche betrachtet (die Argumentation für negative Lotterievergleiche erfolgt analog). Die Analyse mehrfacher Lotterievergleiche würde auf derselben Argumentation wie im Beweis zum MTK-Mechanismus basieren: Die Optimierung über alle Lotterievergleiche  $N$  führt lediglich zu einer Gewichtung der Einzelsituation mit  $N^{-1}$ , der Rest erfolgt analog zur Argumentation zu Abschnitt B.2.

Die Beweisführung zur Anreizkompatibilität des MBDM-Mechanismus erfolgt basierend auf Präferenzrelationen. Sei dazu  $P^2(x)$  die Lotterie  $P^2$  in

der die Auszahlung  $y_2$  durch die Auszahlung  $x$  ersetzt ist. Mit  $y^\prec$  sei die Auszahlung, für die  $P^1 \prec P^2(y^\prec)$  gilt, mit  $y^\sim$  sei die Auszahlung, für die  $P^1 \sim P^2(y^\sim)$  gilt und mit  $y^\succ$  sei die Auszahlung, für die  $P^1 \succ P^2(y^\succ)$  gilt bezeichnet.

*Erster Fall:* Der Entscheider gibt  $y^\prec$  an.

1. Es wird ein  $z_1 > y^\prec > y^\sim$  ausgewählt: Der Entscheider erhält  $P^2(z_1)$ . Aus dem Prinzip der *Stochastischen Dominanz* (siehe Axiom 5) folgt  $P^2(z_1) \succ P^2(y^\sim) (\sim P^1)$ . Aus der *Transitivität* (siehe Axiom 4) folgt:  $P^2(z_1) \succ P^1$ . Die Wahrscheinlichkeit, dass dieses Ereignis eintritt, sei mit  $T_1$  bezeichnet.
2. Es ist  $y^\prec > z_2 > y^\sim$ : Der Entscheider erhält  $P^1$ . Aus SD folgt wieder  $P^2(z_2) \succ P^2(y^\sim) (\sim P^1)$  und aus T:  $P^2(z_2) \succ P^1$ . Die Wahrscheinlichkeit, dass dieses Ereignis eintritt, sei mit  $T_2$  bezeichnet.
3. Es ist  $y^\sim > z_3 > y^\succ$ : Der Entscheider erhält  $P^1$ . Aus SD folgt wieder  $(P^1 \sim) P^2(y^\sim) \succ P^2(z_3)$  und aus T:  $P^1 \succ P^2(z_3)$ . Die Wahrscheinlichkeit, dass dieses Ereignis eintritt, sei mit  $T_3$  bezeichnet.
4. Es ist  $y^\sim > y^\succ > z_4$ : Der Entscheider erhält  $P^1$ . Aus SD folgt wieder  $(P^1 \sim) P^2(y^\sim) \succ P^2(z_4)$  und aus T:  $P^1 \succ P^2(z_4)$ . Die Wahrscheinlichkeit, dass dieses Ereignis eintritt, sei mit  $T_4$  bezeichnet.

Dies bedeutet, dass der Entscheider, falls dieser  $y^\prec$  wählt, mit dem Entscheidungsproblem

$$C_{\prec} = [T_1, P^2(z_1); T_2, P^1; T_3, P^1; T_4, P^1] \quad (\text{B.3})$$

konfrontiert ist.

*Zweiter Fall:* Der Entscheider gibt  $y^\sim$  an.

1.  $z_1 > y^\prec > y^\sim \rightarrow P^2(z_1) \xrightarrow{SD} P^2(z_1) \succ P^2(y^\sim) (\sim P^1) \xrightarrow{T} P^2(z_1) \succ P^1$ .
2.  $y^\prec > z_2 > y^\sim \rightarrow P^2(z_2) \xrightarrow{SD} P^2(z_2) \succ P^2(y^\sim) (\sim P^1) \xrightarrow{T} P^2(z_2) \succ P^1$ .
3.  $y^\sim > z_3 > y^\succ \rightarrow P^1 \xrightarrow{SD} (P^1 \sim) P^2(y^\sim) \succ P^2(z_3) \xrightarrow{T} P^1 \succ P^2(z_3)$ .
4.  $y^\sim > y^\succ > z_4 \rightarrow P^1 \xrightarrow{SD} (P^1 \sim) P^2(y^\sim) \succ P^2(z_4) \xrightarrow{T} P^1 \succ P^2(z_4)$ .

Dies bedeutet, dass der Entscheider, falls dieser  $y^\sim$  wählt, mit dem Entscheidungsproblem

$$C_\sim = [T_1, P^2(z_1); T_2, P^2(z_2); T_3, P^1; T_4, P^1] \quad (\text{B.4})$$

konfrontiert ist.

*Dritter Fall:* Der Entscheider gibt  $y^\succ$  an.

1.  $z_1 > y^\prec > y^\sim : \rightarrow P^2(z_1) \xrightarrow{SD} P^2(z_1) \succ P^2(y^\sim) (\sim P^1) \xrightarrow{T} P^2(z_1) \succ P^1.$
2.  $y^\prec > z_2 > y^\sim : \rightarrow P^2(z_2) \xrightarrow{SD} P^2(z_2) \succ P^2(y^\sim) (\sim P^1) \xrightarrow{T} P^2(z_2) \succ P^1.$
3.  $y^\sim > z_3 > y^\succ : \rightarrow P^2(z_3) \xrightarrow{SD} (P^1 \sim) P^2(y^\sim) \succ P^2(z_3) \xrightarrow{T} P^1 \succ P^2(z_3).$
4.  $y^\sim > y^\succ > z_4 : \rightarrow P^1 \xrightarrow{SD} (P^1 \sim) P^2(y^\sim) \succ P^2(z_4) \xrightarrow{T} P^1 \succ P^2(z_4).$

Dies bedeutet, dass der Entscheider, falls dieser  $y^\succ$  wählt, mit dem Entscheidungsproblem

$$C_\succ = [T_1, P^2(z_1); T_2, P^2(z_2); T_3, P^3(z_3); T_4, P^1] \quad (\text{B.5})$$

konfrontiert ist.

Vergleicht man jetzt einerseits die Lotterie  $C_\prec$  mit der Lotterie  $C_\sim$ , dann unterscheiden sich diese nur in der zweiten Komponente und aufgrund von 2. im Ersten Fall gilt:  $C_\prec \prec C_\sim$ . Vergleicht man andererseits  $C_\sim$  mit  $C_\succ$ , dann unterscheiden sich diese nur in der dritten Komponente und aufgrund von 3. im Dritten Fall gilt  $C_\sim \succ C_\succ$ . Dies bedeutet, dass es für den Entscheider optimal ist,  $y^\sim$  anzugeben. Damit ist die Anreizkompatibilität des MBDM-Mechanismus nachgewiesen.

# Anhang C

## Erläuterungen zu Kapitel 3

### C.1 Beweis von Theorem 8

Vergleicht man den erwarteten Payoff des Spiels  $G_i^{PTA}$

$$V_j^{PTA}(q) = \sum_{k=1}^{|S|} P^k(q) \cdot v_j(H_j(s^k) + e_j) \quad (\text{C.1})$$

mit dem erwarteten Payoff des Spiels  $G$

$$V_j(q) = \sum_{k=1}^{|S|} P^k(q) \cdot H_j(s^k) \quad (\text{C.2})$$

für alle  $j \in \{1, \dots, n\}$ , dann gilt für beide  $V_j^{PTA}, V_j(q) : Q \longrightarrow \mathbb{R}$ , d. h. beide hängen von den gemischten Strategien ab und unterscheiden sich lediglich in den Auszahlungen  $v_j$  bzw.  $H_j$ .

Damit gilt auch hier die Aussage von Satz 2.4 (Berninghaus et al., 2002, S.39), also:  $Q_j$  ist kompakt und konvex  $\forall j$ ,  $V_j^{PTA}$  ist  $\forall j$  stetig in  $Q$  und für  $\forall q^{-j}$  ist  $V_j^{PTA}(q^{-j}, \cdot) : Q_j \longrightarrow \mathbb{R}$  quasi konkav in  $q^j$ . Aus Satz 2.3 (Berninghaus et al., 2002, S.39) folgt jetzt die Behauptung.

### C.2 Beweis von Theorem 9

Satz 2.7 und dessen Beweis (Berninghaus et al., 2002, S.51-52) lässt sich problemlos auf die Spielklasse  $G_i^{PTA}$  übertragen, da ebenfalls für diese Gleichgewichte und Lösungsfunktionen definiert sind. Damit ist die Behauptung von Theorem 9 eine (triviale) Folgerung aus dieser Aussage.



### C.3 Beweis von Theorem 10

Sei  $\tilde{s} \in S$  ein reines Gleichgewicht im Spiel  $G$ . Dann gilt

$$H_j(\tilde{s}) \geq H_j(s) \quad \forall j \text{ und } \forall s \neq \tilde{s} \in S. \quad (\text{C.3})$$

Da für eine gegebene Gewinn- oder Verlusterfahrung  $e_j \in \mathbb{R}$  die Abbildungen  $v_j$  (annahmegemäß) monoton wachsend in  $H_j$  sind, d. h. für alle Spieler  $j$  und für alle  $s \neq \tilde{s} \in S$  ist

$$V_j(\tilde{s}) = v_j(H_j(\tilde{s}) + e_j) \geq v_j(H_j(s) + e_j) = V_j(s) \iff H_j(\tilde{s}) \geq H_j(s), \quad (\text{C.4})$$

folgt damit sofort die Behauptung.

### C.4 Beweis von Theorem 11

Betrachtet man das zum Spiel  $BOS_i^{PTA}$  strategisch äquivalente Spiel mit den in 3.33 und 3.34 definierten Auszahlungsfunktionen, dann sei zur Vereinfachung der Payoff im Gleichgewicht  $\tilde{s}^i$  für Spieler  $i$  mit  $\pi_i^i := v_i(e_i + y) - v_i(e_i)$  und für Spieler  $j$  mit  $\pi_j^i := v_i(e_j + x) - v_i(e_j)$  bezeichnet. Entsprechend für  $\tilde{s}^j$  sei  $\pi_i^j := v_i(e_i + x) - v_i(e_i)$  und  $\pi_j^j := v_i(e_j + x) - v_i(e_j)$ .

Beweis von *i*):

Für  $i = V$  und  $j = G$  muss jetzt gemäß 3.21 für das *Nash*-Produkt gelten:

$$\pi_V^i \cdot \pi_G^i > \pi_V^j \cdot \pi_G^j. \quad (\text{C.5})$$

Gemäß des Aggregationsprinzips A1 und 3.8 ist dies bei einer Verlusterfahrung  $e_V = -y$  und einer Gewinnerfahrung  $e_G = y$  äquivalent zu

$$\begin{aligned} & [v^{konvex}(0) - v^{konvex}(-y)][v^{konvex}(x+y) - v^{konvex}(y)] \\ & > [v^{konvex}(-y+x) - v^{konvex}(-y)][v^{konkav}(2y) - v^{konkav}(y)]. \end{aligned} \quad (\text{C.6})$$

Aufgrund der „Symmetrie“ in 3.8 ist dies wiederum äquivalent zu

$$\frac{v^{konkav}(y) - v^{konkav}(0)}{v^{konkav}(y) - v^{konkav}(y-x)} > \frac{v^{konkav}(2y) - v^{konkav}(y)}{v^{konkav}(x+y) - v^{konkav}(y)}. \quad (\text{C.7})$$

Wählt man jetzt speziell in *iv*) von Satz 1 (siehe Anhang A1)  $a = 0 < t = y - x < b = y$  und in *iii*) von Satz 1 speziell  $a = y < t = x + y < b = 2y$ , dann folgt

$$\frac{v^{konkav}(y) - v^{konkav}(0)}{v^{konkav}(y) - v^{konkav}(y-x)} > \frac{b-a}{b-t} = \frac{y}{x} \quad (\text{C.8})$$

und

$$\frac{y}{x} = \frac{b-a}{t-a} > \frac{v^{konkav}(2y) - v^{konkav}(y)}{v^{konkav}(x+y) - v^{konkav}(y)}. \quad (C.9)$$

Damit gilt C.5.

Für  $i = V$  und  $j = N$  muss jetzt gemäß Theorem 3.3.2 für das *Nash*-Produkt gelten:

$$\pi_V^i \cdot \pi_N^i > \pi_V^j \cdot \pi_N^j. \quad (C.10)$$

Gemäß des Aggregationsprinzips A1 und 3.8 ist dies bei einer Verlusterfahrung  $e_V = -y$  äquivalent zu

$$\begin{aligned} & [v^{konvex}(0) - v^{konvex}(-y)]v^{konkav}(x) \\ & > [v^{konvex}(x-y) - v^{konvex}(-y)]v^{konkav}(y). \end{aligned} \quad (C.11)$$

Aufgrund der „Symmetrie“ in 3.8 ist dies wiederum äquivalent zu

$$\frac{v^{konkav}(y) - v^{konkav}(0)}{v^{konkav}(y) - v^{konkav}(y-x)} > \frac{v^{konkav}(y)}{v^{konkav}(x)}. \quad (C.12)$$

Wählt man jetzt speziell in *iv*) von Satz 1 (siehe Anhang A1)  $a = 0 < t = y - x < b = y$  und in *ii*) von Satz 1 speziell  $a = 0 < t = x < b = y$ , dann folgt

$$\frac{v^{konkav}(y) - v^{konkav}(0)}{v^{konkav}(y) - v^{konkav}(y-x)} > \frac{b-a}{b-t} = \frac{y}{x} \quad (C.13)$$

und

$$\frac{y}{x} > \frac{v^{konkav}(y)}{v^{konkav}(x)}. \quad (C.14)$$

Damit gilt wiederum C.10.

Beweis von *ii*):

Hier ist unter der Aggregationsannahme A4 in Verbindung mit 3.11 einerseits zu zeigen, dass

$$\pi_V^i \cdot \pi_G^i < \pi_V^j \cdot \pi_G^j, \quad (C.15)$$

andererseits:

$$\pi_V^i \cdot \pi_N^i < \pi_V^j \cdot \pi_N^j. \quad (C.16)$$

Die Relation C.15 ist dabei äquivalent zu

$$\begin{aligned} & [v^{konkav}(0) - v^{konkav}(-y)][v^{konkav}(x+y) - v^{konkav}(y)] \\ & < [v^{konkav}(-y+x) - v^{konkav}(-y)][v^{konvex}(2y) - v^{konvex}(y)]. \end{aligned} \quad (C.17)$$

Dies kann wieder dargestellt werden als:

$$\frac{v^{konvex}(y) - v^{konvex}(0)}{v^{konvex}(y) - v^{konvex}(y-x)} < \frac{v^{konvex}(2y) - v^{konvex}(y)}{v^{konvex}(x+y) - v^{konvex}(y)}. \quad (C.18)$$

Die Relation C.16 ist äquivalent zu

$$\begin{aligned} & [v^{konkav}(0) - v^{konkav}(-y)]v^{konvex}(x) \\ & < [v^{konkav}(x-y) - v^{konkav}(-y)]v^{konvex}(y) \end{aligned} \quad (C.19)$$

und kann wieder dargestellt werden als

$$\frac{v^{konvex}(y) - v^{konvex}(0)}{v^{konvex}(y) - v^{konvex}(y-x)} < \frac{v^{konvex}(y)}{v^{konvex}(x)}. \quad (C.20)$$

Der Rest des Beweises ist jetzt analog zu dem von *i*), aber für konvexe anstelle konkaver Funktionen.

## C.5 Beweis von Theorem 12

Gemäß 3.21 ist für alle Spielerkombinationen aus  $C_1$  und unter den Verhaltensannahmen A1 bis A4 bzw. S1 bis S4 und in Verbindung mit den exponentiellen Werfunktionen, definiert in 3.25 und 3.26, für das *Nash*-Produkt zu zeigen, dass gilt:

$$\pi_k^i \cdot \pi_l^i = \pi_k^j \cdot \pi_l^j \text{ für } k, l \in C_1. \quad (C.21)$$

Sowohl für alle Kombinationen aus  $C_1$  in Verbindung mit den Prinzipien S1 bis S4 als auch alle symmetrischen Kombinationen  $(k, k) \in C_1$  in Verbindung mit den Aggregationsprinzipien A1 bis A4 folgt die Identität C.21 einfach aus der Tatsache, dass es sich um symmetrische Spiele handelt.

Unter den Verhaltensannahmen A2 und A3 muss jetzt noch gezeigt werden, dass gilt:

$$\pi_G^i \cdot \pi_N^i = \pi_G^j \cdot \pi_N^j \quad (C.22)$$

und

$$\pi_V^i \cdot \pi_k^i = \pi_V^j \cdot \pi_k^j \text{ für } k \in \{G, N\}. \quad (C.23)$$

Die Identitäten C.22 und C.23 ergeben sich simpel, indem man die in 3.25 und 3.26 definierten exponentiellen Wertfunktionen einsetzt und ausmultipliziert.

## C.6 Beweis von Theorem 13

In einem gemischten Gleichgewicht  $\tilde{q} = (\tilde{q}_i, \tilde{q}_j, \tilde{q}_k)$  mit  $i, j, k \in \{G, N, V\}$  und  $z > 0$  und für Wahrscheinlichkeiten  $\{\tilde{q}_i, \tilde{q}_j, \tilde{q}_k\}$  für den Markteintritt muss gelten:

$$\frac{\partial u_i(\tilde{q})}{\partial \tilde{q}_i} = \tilde{q}_j \cdot \tilde{q}_k \cdot u_i(-z) + (1 - \tilde{q}_j) \cdot (1 - \tilde{q}_k) \cdot u_i(z) = 0, \quad (\text{C.24})$$

$$\frac{\partial u_j(\tilde{q})}{\partial \tilde{q}_j} = \tilde{q}_i \cdot \tilde{q}_k \cdot u_j(-z) + (1 - \tilde{q}_i) \cdot (1 - \tilde{q}_k) \cdot u_j(z) = 0, \quad (\text{C.25})$$

$$\frac{\partial u_k(\tilde{q})}{\partial \tilde{q}_k} = \tilde{q}_i \cdot \tilde{q}_j \cdot u_k(-z) + (1 - \tilde{q}_i) \cdot (1 - \tilde{q}_j) \cdot u_k(z) = 0. \quad (\text{C.26})$$

Aus C.26 folgt

$$\tilde{q}_i = \frac{(1 - \tilde{q}_j) \cdot u_k(z)}{(1 - \tilde{q}_j) \cdot u_k(z) - \tilde{q}_j \cdot u_k(-z)}, \quad (\text{C.27})$$

aus C.24 folgt

$$\tilde{q}_k = \frac{(1 - \tilde{q}_j) \cdot u_i(z)}{(1 - \tilde{q}_j) \cdot u_i(z) - \tilde{q}_j \cdot u_i(-z)}, \quad (\text{C.28})$$

und dies zusammen ergibt in C.25:

$$\begin{aligned} & \frac{(1 - \tilde{q}_j)u_k(z)}{(1 - \tilde{q}_j)u_k(z) - \tilde{q}_j u_k(-z)} \frac{(1 - \tilde{q}_j)u_i(z)}{(1 - \tilde{q}_j)u_i(z) - \tilde{q}_j u_i(-z)} u_j(-z) + \dots \\ & \dots + \frac{-\tilde{q}_j u_i(-z)}{(1 - \tilde{q}_j)u_k(z) - \tilde{q}_j u_k(-z)} \frac{-\tilde{q}_j u_k(-z)}{(1 - \tilde{q}_j)u_i(z) - \tilde{q}_j u_i(-z)} u_j(z) = 0 \end{aligned} \quad (\text{C.29})$$

Angenommen,

$$[(1 - \tilde{q}_j)u_k(z) - \tilde{q}_j u_k(-z)][(1 - \tilde{q}_j)u_i(z) - \tilde{q}_j u_i(-z)] \neq 0. \quad (\text{C.30})$$

Dann ist C.29 äquivalent zu

$$-(1 - \tilde{q}_j)^2 u_i(z) u_k(z) u_j(-z) = \tilde{q}_j^2 u_i(-z) u_k(-z) u_j(z). \quad (\text{C.31})$$

Da beide Seiten von C.31 stets positiv sind, kann dies umgeformt werden zu

$$(1 - \tilde{q}_j) \sqrt{u_i(z) u_k(z) u_j(-z)} = \tilde{q}_j \sqrt{u_i(-z) u_k(-z) u_j(z)}, \quad (\text{C.32})$$

bzw. zur behaupteten Gleichgewichtsbedingung

$$\tilde{q}_j = \left[ 1 + \sqrt{\frac{u_i(-z) u_k(-z) u_j(z)}{-u_i(z) u_k(z) u_j(-z)}} \right]^{-1}. \quad (\text{C.33})$$

**Bemerkung.** Für die Herleitung der Gleichgewichtsbedingung wurde zunächst angenommen, dass C.30 gilt. Dass dies richtig ist, zeigen folgende Überlegungen: O.B.d.A. betrachte man dazu nur den ersten Faktor in C.30 und leitet ab:

$$\begin{aligned} (1 - \tilde{q}_j)u_k(z) - \tilde{q}_j u_k(-z) &= 0 \\ \iff \\ \frac{(1 - \tilde{q}_j)}{\tilde{q}_j} &= \frac{u_k(-z)}{u_k(z)} \end{aligned}$$

Da  $\frac{u_k(-z)}{u_k(z)}$  aber stets negativ und  $\tilde{q}_j \in [0, 1]$  ist, kann dieser Fall nicht eintreten.

## C.7 Einführende Bemerkungen für folgende Beweise

In diesem Abschnitt sollen zunächst einige Bemerkungen über die betrachtete Klasse transformierter Markteintrittsspiele gemacht werden, die unabhängig von der jeweiligen Spielerkombination zutreffen. So postulieren die Gleichgewichtsauswahltheorien von Harsanyi und Selten (1988), Güth und Kalkofen (1989), Güth (1992), Harsanyi (1995a) und Güth (2002), dass es sich bei potentiellen Lösungskandidaten um perfekte Gleichgewichte handeln sollte. Um diesen Anspruch gerecht zu werden, betrachtet man zunächst sogenannte  $\varepsilon$ -perturbierten Spiele.

Diese werden für die betrachtete Klasse von transformierten Markteintrittsspielen im Unterabschnitt C.7.1 definiert.

Weiterhin ist allen oben genannten Auswahltheorien gemein, dass dominierte (bzw. inferiore) Strategien aus den ursprünglichen Strategiemengen eliminiert und sogenannte (semi-) duplikate durch ihre gleichverteilte Mischung ersetzt werden müssen.

Da in der hier betrachteten Spielklasse derartige Strategien nicht existieren, wird ein Nachweis im Unterabschnitt C.7.2 skizziert<sup>1</sup>.

Enthält ein  $\varepsilon$ -perturbiertes Spiel keine dominierten oder duplikaten Strategien, dann postulieren die Auswahltheorien von Harsanyi und Selten (1988),

---

<sup>1</sup>Einen ausführlichen Beweis findet der Leser auch in Schade, Schröder und Krause (2005b).

Güth und Kalkofen (1989), Güth (1992) und Güth (2002) dass sogenannte minimale Formationen bzw. deren Lösungen als primäre Lösungskandidaten angesehen werden. Für die hier konkret betrachteten Spiele  $ME_l^{PTA}$  unterscheidet sich die Struktur dieser Lösungen in Abhängigkeit der Spielerkombination (entweder es gibt genau ein perfektes Gleichgewicht oder mehrere), so dass die weiteren Analysen in den folgenden Beweisen stattfinden werden.

Abschließend werden in diesem Abschnitt in C.7.3 noch einige Abschätzungen angegeben, die aus der konkreten Auszahlungs- bzw. Gewinn- oder Verlusthöhe in Verbindung mit Satz 1 resultieren und für die folgenden Beweise der Vorhersagen von Interesse sind.

### C.7.1 Das Epsilon-perturbierte Markteintrittsspiel

Ausgangspunkt ist zunächst das zum Spiel  $ME_l^{PTA}$  (siehe 3.40) *strategisch äquivalente Spiel* mit den subjektiven Auszahlungsfunktionen eines Spielers  $l \in \{i, j, k\}$  für seine eigene Auszahlung:

$$U_l^l(s) = \begin{cases} u_l := v_l(z(2 - m(s)) + e_l) - v_l(e_l) & \text{für } s_l = 1 \\ 0 & \text{für } s_l = 0, \end{cases} \quad (\text{C.34})$$

bzw. für die Auszahlung eines anderen Spielers  $m \in \{i, j, k\}$ :

$$U_m^l(s) = \begin{cases} u_l := v_l(z(2 - m(s)) + e_m) - v_l(e_m) & \text{für } s_m = 1 \\ 0 & \text{für } s_m = 0. \end{cases} \quad (\text{C.35})$$

Wir betrachten also das Spiel

$$ME_l^{PTA} = \{S_i, S_j, S_k; U_i^l, U_j^l, U_k^l; \{i, j, k\}\} \quad (\text{C.36})$$

Dieses wird  $\varepsilon$ -uniform perturbiert<sup>2</sup>, d. h. man betrachtet das Spiel:

$$ME_l^{PTA}(\eta) = (Q_i(\eta), Q_j(\eta), Q_k(\eta); \hat{U}_i^l, \hat{U}_j^l, \hat{U}_k^l), \quad (\text{C.37})$$

Dabei sind die Auszahlungsfunktionen  $\hat{U}_m^l$  die Beschränkungen der Funktionen  $U_m^l$  auf die in  $ME_l^{PTA}(\eta)$  möglichen Strategievektoren  $q = (q_i, q_j, q_k)$  mit  $q_{l1} = \eta(s_{l1}) \geq \varepsilon$  und  $q_{l2} = 1 - q_{l1}$  für  $l \in \{i, j, k\}$ .

---

<sup>2</sup>Für die Perturbation allgemeiner Spielklassen siehe etwa Harsanyi und Selten (1988), Berninghaus, Ehrhart und Güth (2002) oder Güth (2002).

Im folgenden soll unter dem Spiel  $[ME_l^{PTA}]^\varepsilon$  das Spiel verstanden werden, in denen die Strategiemengen  $Q_i(\eta), Q_j(\eta), Q_k(\eta)$  gerade aus den Verteilungen  $(\varepsilon, 1 - \varepsilon)$  bzw.  $(1 - \varepsilon, \varepsilon)$  bestehen.

Spielt Spieler  $i$  die reine Strategie  $s_{i1} = 0$  (kein Markteintritt) mit Wahrscheinlichkeit  $\varepsilon$ , Spieler  $j$  die Strategie  $s_{j1} = 0$  mit Wahrscheinlichkeit  $1 - \varepsilon$  und Spieler  $k$  die Strategie  $s_{k1} = 0$  ebenfalls mit Wahrscheinlichkeit  $1 - \varepsilon$  für  $i, j, k \in \{G, N, V\}$ , dann folgt zunächst, dass Spieler  $i$  die reine Strategie  $s_{i2} = 1$  (Markteintritt) mit Wahrscheinlichkeit  $1 - \varepsilon$ , Spieler  $j$  die Strategie  $s_{j2} = 1$  mit Wahrscheinlichkeit  $\varepsilon$  und Spieler  $k$  die Strategie  $s_{k2} = 1$  ebenfalls mit Wahrscheinlichkeit  $\varepsilon$  spielen muss.

Für die eigene erwartete Auszahlung  $\hat{U}_i^i$  von (beispielsweise) Spieler  $i$  hat dies im Falle seines Markteintritts dann die folgende Konsequenz:

$$\hat{U}_i^i(1 - \varepsilon, \varepsilon, \varepsilon) = (1 - \varepsilon)[\varepsilon^2 \cdot u_i(1, 1, 1) + (1 - \varepsilon)^2 \cdot u_i(1, 0, 0)]. \quad (C.38)$$

Dabei sind die Auszahlungsfunktionen gemäß C.34 definiert und ergeben sich insbesondere aus folgenden Implikationen:

$$u_l(1, 1, 1) < 0, \quad (C.39)$$

$$u_l(1, 1, 0) = u_l(1, 0, 1) = u_l(0, 1, 1) = u_l(0, 0, 0) = 0, \quad (C.40)$$

für alle  $l \in \{i, j, k\}$  und

$$u_i(1, 0, 0), u_j(0, 1, 0), u_k(0, 0, 1) > 0, \quad (C.41)$$

für  $i, j, k \in \{G, N, V\}$ . (Gewinne bleiben auch im transformierten Markteintrittsspiel Gewinne und Verluste, Verluste.)

Ist der erste Spieler beispielsweise ein Verlierer (V), der seinen eigenen Payoff „betrachtet“, dann gilt für dessen transformierte Auszahlung mit  $m(s) := s_1 + s_2 + s_3 = 3$  für  $s = (s_1, s_2, s_3)$ :

$$u_V(1, 1, 1) = u_V(s) = v_V(z(2 - 3) + e_V) - v_V(e_V). \quad (C.42)$$

### C.7.2 Dominierte und (semi-) duplikate Strategien

Das Spiel  $[ME_l^{PTA}]^\varepsilon$  enthält für keinen Spieler eine dominierte Strategie, was o.B.d.A. für Spieler  $i \in \{G, N, V\}$  gezeigt werden soll:

Für hinreichend kleines  $\varepsilon > 0$  ist einerseits

$$\varepsilon^2 \cdot u_i(1, 1, 1) + (1 - \varepsilon)^2 \cdot u_i(1, 0, 0) > 0, \quad (\text{C.43})$$

d. h. für  $i$  ist es besser in den Markt einzutreten, anstelle „Nichteintritt“ zu spielen, da

$$\begin{aligned} \hat{U}_i^i(1 - \varepsilon, \varepsilon, \varepsilon) &= (1 - \varepsilon)[\varepsilon^2 \cdot u_i(1, 1, 1) + (1 - \varepsilon)^2 \cdot u_i(1, 0, 0)] \\ &> 0 = \hat{U}_i^i(\varepsilon, \varepsilon, \varepsilon) \end{aligned} \quad (\text{C.44})$$

gilt.

Andererseits gilt für hinreichend kleines  $\varepsilon > 0$

$$(1 - \varepsilon)^2 \cdot u_i(1, 1, 1) + \varepsilon^2 \cdot u_i(1, 0, 0) < 0, \quad (\text{C.45})$$

d. h. für  $i$  ist es besser „ $1 - \varepsilon$ “ anstelle von „ $\varepsilon$ “ zu spielen, da gilt:

$$\begin{aligned} \hat{U}_i^i(\varepsilon, 1 - \varepsilon, 1 - \varepsilon) &= 0 > \\ \varepsilon[(1 - \varepsilon)^2 \cdot u_i(1, 1, 1) + \varepsilon^2 \cdot u_i(1, 0, 0)] &= \hat{U}_i^i(1, 1 - \varepsilon, 1 - \varepsilon). \end{aligned} \quad (\text{C.46})$$

Damit kann weder „ $\varepsilon$ “ noch „ $1 - \varepsilon$ “ dominiert sein.

Wie man gesehen hat, gibt es für Spieler  $i$  also stets Strategiekombinationen der Spieler  $j$  und  $k$ , die unterschiedliche Auszahlungen für den  $i$  implizieren, daher hat das Spiel auch keine (semi-) duplikaten Strategien.

### C.7.3 Nützliche Abschätzungen

Wählt man in A.2 und A.3 in Definition 2 speziell  $a = 0$ ,  $b = 2z$  und  $\lambda = \frac{1}{2}$ , dann folgt:

$$v^{\text{konvex}}(2z) > 2v^{\text{konvex}}(z), \quad (\text{C.47})$$

$$v^{\text{konkav}}(2z) < 2v^{\text{konkav}}(z). \quad (\text{C.48})$$

Wählt man dort hingegen  $a = -2z$ ,  $b = 0$  und  $\lambda = \frac{1}{2}$ , dann gilt:

$$2v^{\text{konvex}}(-z) < v^{\text{konvex}}(-2z), \quad (\text{C.49})$$

$$2v^{\text{konkav}}(-z) > v^{\text{konkav}}(-2z). \quad (\text{C.50})$$

Unter den Aggregationsannahmen hat dies unter der Voraussetzung

$$v^{\text{konkav}}(0) = 0 = v^{\text{konvex}}(0)$$



folgende Konsequenzen: Unter A1 bedeutet dies für einen Spieler mit Gewinnerfahrung:

$$\begin{aligned} u_G(-z) + u_G(z) &= v^{konkav}(0) - v^{konkav}(z) + v^{konkav}(2z) - v^{konkav}(z) \\ &= v^{konkav}(2z) - 2v^{konkav}(z) < 0. \end{aligned} \quad (\text{C.51})$$

Entsprechend folgt für einen Spieler mit Verlusterfahrung:

$$u_V(-z) + u_V(z) = \lambda[v^{konvex}(-2z) - 2v^{konvex}(-z)] > 0. \quad (\text{C.52})$$

Unter A2 bedeutet dies:

$$u_G(-z) + u_G(z) = v^{konvex}(2z) - 2v^{konvex}(z) > 0 \quad (\text{C.53})$$

$$u_V(-z) + u_V(z) = \lambda[v^{konvex}(-2z) - 2v^{konvex}(-z)] > 0. \quad (\text{C.54})$$

Für A3 folgt:

$$u_G(-z) + u_G(z) = v^{konkav}(2z) - 2v^{konkav}(z) < 0 \quad (\text{C.55})$$

$$u_V(-z) + u_V(z) = \lambda[v^{konkav}(-2z) - 2v^{konkav}(-z)] < 0. \quad (\text{C.56})$$

Schließlich gilt unter A4:

$$u_G(-z) + u_G(z) = v^{konvex}(2z) - 2v^{konvex}(z) > 0 \quad (\text{C.57})$$

$$u_V(-z) + u_V(z) = \lambda[v^{konkav}(-2z) - 2v^{konkav}(-z)] < 0. \quad (\text{C.58})$$

## C.8 Beweis von Theorem 14

a): Zunächst wird gezeigt, dass im  $\varepsilon$ -perturbierten Spiel und in der Spielerkombination  $(V, G, G)$  nur der Vektor  $(1 - \varepsilon, \varepsilon, \varepsilon)$  ein Gleichgewichtspunkt repräsentiert. Für die Auszahlungserwartung des Verlierers für das Gleichgewicht  $(1, 0, 0)$  folgt für hinreichend kleines  $\varepsilon > 0$  in  $[ME_l^{PTA}]^\varepsilon$ :

$$\hat{U}_V^V(1 - \varepsilon, \varepsilon, \varepsilon) = (1 - \varepsilon)[\varepsilon^2 u_L(-z) + (1 - \varepsilon)^2 u_L(z)] > 0. \quad (\text{C.59})$$

Demgegenüber hat der Spieler  $G$  in Verbindung mit C.51 die Auszahlungserwartung

$$\hat{U}_G^G(1 - \varepsilon, \varepsilon, \varepsilon) = \varepsilon^2(1 - \varepsilon)[u_G(-z) + u_G(z)] < 0. \quad (\text{C.60})$$

Dies bedeutet, dass keiner der Spieler einen Anreiz hat, von  $(1 - \varepsilon, \varepsilon, \varepsilon)$  im Spiel  $[ME_l^{PTA}]^\varepsilon$  abzuweichen<sup>3</sup>. Darüber hinaus ist dieses Gleichgewicht

---

<sup>3</sup>Alternativ könnte man auch argumentieren, dass alle Spieler die für sie ungünstigere Strategie gerade mit der Minimumwahrscheinlichkeit spielen, siehe hierzu etwa Lemma 2.6.2 in Berninghaus, Ehrhart und Güth (2002).

strikt in dem Sinne, dass ein Spieler, welcher davon abweicht nur verliert<sup>4</sup> und somit Lösung einer primitiven Formation in  $[ME_l^{PTA}]^\varepsilon$  nach Satz 2.16 in Berninghaus, Ehrhart und Güth (2002).

Die Vektoren  $(\varepsilon, 1 - \varepsilon, \varepsilon)$  und  $(\varepsilon, \varepsilon, 1 - \varepsilon)$  können keine Gleichgewichte in  $[ME_l^{PTA}]^\varepsilon$  sein, da der mit „ $\varepsilon$ “ spielende Verlierer wegen

$$\hat{U}_V^V(\varepsilon, 1 - \varepsilon, \varepsilon) = \hat{U}_V^V(\varepsilon, \varepsilon, 1 - \varepsilon) = \varepsilon^2(1 - \varepsilon)[u_V(-z) + u_V(z)] > 0, \quad (\text{C.61})$$

in Verbindung mit C.52 einen Anreiz hat, auf „ $1 - \varepsilon$ “ abzuweichen. Auch müssen die Strategiekombinationen  $(1 - \varepsilon, 1 - \varepsilon, \varepsilon)$ ,  $(1 - \varepsilon, \varepsilon, 1 - \varepsilon)$  und  $(\varepsilon, 1 - \varepsilon, 1 - \varepsilon)$  ausgeschlossen werden, da für den mit „ $1 - \varepsilon$ “ spielenden Gewinner gilt:

$$\begin{aligned} \hat{U}_G^G(1 - \varepsilon, 1 - \varepsilon, \varepsilon) &= \hat{U}_G^G(1 - \varepsilon, \varepsilon, 1 - \varepsilon) = \dots \\ \dots &= (1 - \varepsilon)^2 \varepsilon [u_G(-z) + u_G(z)] < 0, \end{aligned} \quad (\text{C.62})$$

d. h. dieser hat einen Anreiz, „ $\varepsilon$ “ zu wählen.

Für die Kombination  $(V, V, G)$  ist  $(1 - \varepsilon, 1 - \varepsilon, \varepsilon)$  das einzige strikte Gleichgewicht in  $[ME_l^{PTA}]^\varepsilon$ . Für die Verlierer gilt wegen C.52:

$$\hat{U}_V^V(1 - \varepsilon, 1 - \varepsilon, \varepsilon) = (1 - \varepsilon)^2 \varepsilon [u_L(-z) + u_L(z)] > 0. \quad (\text{C.63})$$

Für den Gewinner gilt für hinreichend kleines  $\varepsilon > 0$  hingegen:

$$\hat{U}_G^G(1 - \varepsilon, 1 - \varepsilon, \varepsilon) = \varepsilon[(1 - \varepsilon)^2 u_G(-z) + \varepsilon u_G(z)] < 0. \quad (\text{C.64})$$

Die Strategiekombination  $(1 - \varepsilon, \varepsilon, 1 - \varepsilon)$  und  $(\varepsilon, 1 - \varepsilon, 1 - \varepsilon)$  können für  $(V, V, G)$  keine Gleichgewichte sein, da hier der jeweils „ $1 - \varepsilon$ “ spielende Gewinner einen Anreiz hat, „ $\varepsilon$ “ zu spielen. Auch müssen  $(1 - \varepsilon, \varepsilon, \varepsilon)$ ,  $(\varepsilon, 1 - \varepsilon, \varepsilon)$  und  $(\varepsilon, \varepsilon, 1 - \varepsilon)$  ausgeschlossen werden, da der jeweils „ $\varepsilon$ “ spielende Verlierer einen Anreiz hat, „ $1 - \varepsilon$ “ zu spielen.

Da im Spiel  $[ME_l^{PTA}]^\varepsilon$  für die Kombination  $(V, G, G)$  nur der Vektor  $(1 - \varepsilon, \varepsilon, \varepsilon)$  ein Gleichgewicht präsentiert, wird im Spiel  $ME_l^{PTA}$  das reine (und zugleich perfekte) Gleichgewicht  $(1, 0, 0)$  und da im Spiel  $[ME_l^{PTA}]^\varepsilon$  für die Kombination  $(V, G, G)$  nur  $(1 - \varepsilon, \varepsilon, \varepsilon)$  ein Gleichgewicht präsentiert, wird im Spiel  $ME_l^{PTA}$  das reine (und zugleich perfekte) Gleichgewicht  $(1, 1, 0)$  ausgewählt.

<sup>4</sup>Siehe beispielweise auch Definition 2.6.7 in Berninghaus, Ehrhart und Güth (2002).

b): Für  $\lambda > \lambda_0$  gilt:

$$u_N(-z) + u_N(z) = \lambda \cdot v_N(-z) + v_N(z) < 0. \quad (\text{C.65})$$

Damit erfolgt die Analyse für die Kombinationen  $(V, V, N)$  und  $(V, N, N)$  analog zu der in a), wobei  $G$  durch  $N$  ersetzt wird. In der Kombination  $(V, G, N)$  erfolgt die Analyse entsprechend der für  $(V, N, N)$ .

c): Für  $\lambda < \lambda_0$  gilt:

$$u_N(-z) + u_N(z) = \lambda \cdot v_N(-z) + v_N(z) > 0. \quad (\text{C.66})$$

Damit erfolgt die Analyse für die Kombinationen  $(G, G, N)$  und  $(G, N, N)$  analog zu der in a), wobei  $N$  durch  $V$  ersetzt wird. In der Kombination  $(V, G, N)$  erfolgt die Analyse entsprechend der für  $(V, V, N)$ . Dies bedeutet, dass Neutrale in diesen Kombinationen in den Markt eintreten.

## C.9 Beweis von Theorem 15

a): Für  $\lambda > \lambda_0$  gilt:

$$u_N(-z) + u_N(z) = \lambda \cdot v_N(-z) + v_N(z) < 0. \quad (\text{C.67})$$

Damit erfolgt die Argumentation für die Kombinationen  $(N, j, k)$  und  $(N, N, k)$  mit  $j, k \in \{G, V\}$  in Verbindung mit C.53 und C.54 analog zu der in b) (Abschnitt C.8). (Die Argumentation für die Kombination  $(V, N, G)$  erfolgt analog.)

## C.10 Beweis von Theorem 16

c): Für  $\lambda < \lambda_0$  gilt:

$$u_N(-z) + u_N(z) = \lambda \cdot v_N(-z) + v_N(z) > 0. \quad (\text{C.68})$$

Damit erfolgt die Argumentation für die Kombinationen  $(N, j, k)$  und  $(N, N, k)$  mit  $j, k \in \{G, V\}$  in Verbindung mit C.55 und C.56 analog zu der in c) (Abschnitt C.8).

## C.11 Beweis von Theorem 17

Analog zum Beweis von Theorem 14 mit konvexen anstelle konkaven Funktionen und in Verbindung mit C.57 und C.58.

## C.12 Beweis von Theorem 18

Basierend auf den Ausführungen in den Unterabschnitten C.8 bis C.10 kann für die symmetrischen Kombinationen in Abhängigkeit der zurunde gelegten Verhaltensannahmen gefolgert werden, dass in den entsprechenden Spielerkombinationen entweder die Menge

$$L_1 := \{(1 - \varepsilon, \varepsilon, \varepsilon), (\varepsilon, 1 - \varepsilon, \varepsilon), (\varepsilon, \varepsilon, 1 - \varepsilon)\} \quad (\text{C.69})$$

oder

$$L_2 := \{(1 - \varepsilon, 1 - \varepsilon, \varepsilon), (1 - \varepsilon, \varepsilon, 1 - \varepsilon), (\varepsilon, 1 - \varepsilon, 1 - \varepsilon)\} \quad (\text{C.70})$$

Gleichgewichte im  $\varepsilon$ -perturbierten Spiel sind. Insbesondere im nicht transformierten Fall  $u(z) = z$  bildet  $L_1$  die einzige Menge an Lösungskandidaten des  $\varepsilon$ -perturbierten Spiels.

Für die Kombination  $(V, V, V)$  unter A1 und A2 ist wegen C.52 und C.54 und für die Kombination  $(G, G, G)$  unter A2 und A4 sind wegen C.53 und C.57 Elemente von  $L_2$  perfekte Gleichgewichte.

Für die Kombination  $(V, V, V)$  unter A3 und A4 ist wegen C.56 und C.58 und für die Kombination  $(G, G, G)$  unter A1 und A3 sind wegen C.51 und C.55 Elemente von  $L_1$  perfekte Gleichgewichte.

Für die Kombination  $(N, N, N)$  bzw.  $(V, V, V)$  und  $(G, G, G)$  unter der Annahme von Segregation sind bei Verlustaversion Elemente von  $L_1$  und mit Verlustfreude Elemente von  $L_2$  perfekte Gleichgewichte.

Im Falle mehrerer Lösungskandidaten müssen jetzt etwa gemäß der Auswahltheorie von Harsanyi und Selten (1988) oder Güth (2002) sogenannte Payoff-Perturbationen betrachtet werden. Insbesondere nach der Theorie von Harsanyi und Selten (1988) sollte in diesem Fall<sup>5</sup> die Risikodominanzbeziehung mit Hilfe der *Logarithmischen Tracing Procedure* geklärt werden<sup>6</sup>. Bei der hier dokumentierten Analyse ist dies allerdings nicht notwendig, da nach Theorem 4.13.1, S. 173 in Harsanyi und Selten (1988), diese stets wohldefiniert ist, vor allem aber eine *eindeutige Lösung* besitzt. Die einzige eindeutige Lösung im Hinblick auf die Spielerindices für diese Spiele (vgl. Abschnitt 2.2

---

<sup>5</sup>Alle drei Gleichgewichte haben hier, da insbesondere Payoff-Dominanz keine Rolle spielt, denselben Stabilitätsindex gemäß der Ausführungen auf S.221-229 Harsanyi und Selten (1988).

<sup>6</sup>Vergleiche Kapitel 4 in Harsanyi und Selten (1988).

bezüglich der Gleichgewichtsstruktur) ist das Gleichgewicht  $\tilde{q}$  in vollständig gemischten Strategien.

### C.13 Beweis von Theorem 19

Der Beweis dieser Aussage basiert wieder auf den Abschätzungen C.52 bis C.57 und unter Berücksichtigung von Verlustaversion bzw. Verlustfreude.

Exemplarisch soll dazu der erste Fall betrachtet werden (alle anderen Analysen können analog erfolgen): In  $(G, N, N)$  und bei Präsenz von Verlustaversion gilt im  $\varepsilon$ -perturbierten Spiel für den erwarteten Payoff des Gewinners wegen C.51 und hinreichend kleines  $\varepsilon > 0$ :

$$\hat{U}_G^G(1 - \varepsilon, \varepsilon, \varepsilon) = (1 - \varepsilon)[\varepsilon^2 u_G(-z) + (1 - \varepsilon)^2 u_G(z)] > 0, \quad (\text{C.71})$$

und für einen Neutralen bei Verlustaversion

$$\hat{U}_N^N(1 - \varepsilon, \varepsilon, \varepsilon) = \varepsilon^2(1 - \varepsilon)[u_N(-z) + u_N(z)] < 0, \quad (\text{C.72})$$

d. h.  $(1 - \varepsilon, \varepsilon, \varepsilon)$  definiert ein Gleichgewicht. Vektoren aus  $E_2$  (siehe Abschnitt C.13) können keine Gleichgewichte sein, da ein „ $1 - \varepsilon$ “-spielender Akteur wegen

$$(1 - \varepsilon)^2 \varepsilon [u_G(-z) + u_G(z)] < 0, \quad (\text{C.73})$$

$$(1 - \varepsilon)^2 \varepsilon [u_N(-z) + u_N(z)] < 0, \quad (\text{C.74})$$

einen Anreiz hat, den Markteintritt mit Minimumwahrscheinlichkeit „ $\varepsilon$ “ zu favorisieren.

Weiter ist für  $(\varepsilon, 1 - \varepsilon, \varepsilon)$  und den bzw. einen der beiden Neutralen für hinreichend kleines  $\varepsilon > 0$

$$\hat{U}_N^N(\varepsilon, 1 - \varepsilon, \varepsilon) = (1 - \varepsilon)[\varepsilon^2 u_N(-z) + (1 - \varepsilon)^2 u_N(z)] > 0. \quad (\text{C.75})$$

Hier realisiert der Gewinner wieder wegen C.51

$$\hat{U}_G^G(1 - \varepsilon, \varepsilon, \varepsilon) = \varepsilon^2(1 - \varepsilon)[u_G(-z) + u_G(z)] < 0, \quad (\text{C.76})$$

d. h. auch  $(\varepsilon, 1 - \varepsilon, \varepsilon)$  definiert ein Gleichgewicht. Vektoren aus  $E_2$  (siehe Abschnitt C.13) können auch hier keine Gleichgewichte sein, da ein „ $1 - \varepsilon$ “-spielender Akteur wegen

$$(1 - \varepsilon)^2 \varepsilon [u_G(-z) + u_G(z)] < 0, \quad (\text{C.77})$$

$$(1 - \varepsilon)^2 \varepsilon [u_N(-z) + u_N(z)] < 0, \quad (\text{C.78})$$

einen Anreiz hat, den Markteintritt mit Minimumwahrscheinlichkeit „ $\varepsilon$ “ zu favorisieren.

# Literaturverzeichnis

- Abdellaoui, M.: Parameter-Free Elicitation of Utility and Probability Weighting Functions. In: *Management Science*, Band 46:S. 1497–1512, 2000.
- Agell, J. und Lundborg, P.: Theories of Pay and Unemployment: Survey Evidence from Swedish Manufacturing Firms. In: *Scandinavian Journal of Economics*, Band 97:S. 295–307, 1995.
- Allais, M.: Le Comportement de L’Homme Rationnel Devant le Risque, Critique des Postulates et Axiomes de L’Ecole Américaine. In: *Econometrica*, Band 21:S. 503–546, 1953.
- Allison, S. T. und Messick, D. M.: Social Decision Heuristics in the Use of Shared Resources. In: *Journal of Behavioral Decision Making*, Band 3:S. 195–204, 1990.
- Allport, F. W.: *Social Psychology*. Cambridge, MA: Riverside Press, 1924.
- Anderhub, V., Engelmann, D. und Güth, W.: An Experimental Study of the Repeated Trust Game with Incomplete Information. In: *Journal of Economic Behavior & Organization*, Band 48:S. 197–216, 2002.
- Arkes, H. und Ayton, P.: The Sunk Cost and Concorde Effects: Are Humans Less Rational Than Lower Animals? In: *Psychological Bulletin*, Band 125:S. 591–600, 1999.
- Arkes, H. und Blumer, C.: The Psychology of Sunk Cost. In: *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, Band 35:S. 124–140, 1985.
- Bar-Hillel, M.: What Features make Samples seem Representative? In: *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, Band 6:S. 578–589, 1980.
- Baron, J.: *Thinking and Deciding*. Cambridge, MA: Cambridge University Press, 2000.

- Battalio, R. C., Kagel, J. H. und Jiranyakul, K.: Testing Between Alternative Models of Choice Under Uncertainty: Some Initial Results. In: *Journal of Risk and Uncertainty*, Band 3:S. 25–50, 1990.
- Bauer, H.: *Maß- und Intergationstheorie*. DeGruyter: Berlin-New York, zweite Auflage, 1992.
- Becker, G. M., DeGroot, M. H. und Marshak, J.: Measuring Utility by a Single-Response Sequential Method. In: *Behavioral Science*, Band 9:S. 226–232, 1969.
- Becker, K.: *Aggregation versus Segregation von Gewinnen und Verlusten in Entscheidungs- und Spielsituationen*. Diplomarbeit, Institut für Entrepreneurship/Innovationsmanagement, Wirtschaftswissenschaftliche Fakultät, Humboldt-Universität zu Berlin, 2005.
- Beetsma, R. M. W. J. und Schotman, P. C.: Measuring Risk Attitudes in a Natural Experiment: Data from the Television Game Show Lingo. In: *The Economic Journal*, Band 111:S. 821–848, 2001.
- Bell, D. E.: Regret in Decision Making under Uncertainty. In: *Operations Research*, Band 30:S. 961–981, 1982.
- Bell, D.E.: Disappointment in Decision Making under Uncertainty. In: *Operations Research*, Band 33:S. 1–27, 1985.
- Berninghaus, S., Ehrhart, K.-M. und Güth, W.: *Strategische Spiele: Eine Einführung in die Spieltheorie*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2002.
- Bernoulli, D.: Specimen Theoriae Novae de Mensura Sortis. Commentarii Academiae Scientiarum Imperialis Petropolitanae. Translated by L. Sommer. Exposition of a New Theory on the Measurement of Risk. In: *Econometrica*, Band 22:S. 23–36, 1954.
- Binmore, K., Shaked, A. und Sutton, J.: Testing Noncooperative Bargaining Theory: A Preliminary Study. In: *The American Economic Review*, Band 75:S. 1178–80, 1985.
- Birnbaum, M.: Tests of Rank-Dependent Utility and Cumulative Prospect Theory in Gambles Represented by Natural Frequencies: Effects of Format, Event Framing, and Branch Splitting. In: *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, Band 95:S. 40–65, 2004.

- Bleichrodt, H. und Pinto, J.-L.: A Parameter-Free Elicitation of the Probability Weighting Function in Medical Decision Analysis. In: *Management Science*, Band 46:S. 1485–1496, 2000.
- Bleichrodt, H., van Rijn, J. und Johannesson, M.: Probability Weighting and Utility Curvature in QALY-Based Decision Making. In: *Journal of Mathematical Psychology*, Band 43:S. 238–260, 1999.
- Bloomfield, R.: Learning a Mixed Strategy Equilibrium in the Laboratory. In: *Journal of Economic Behavior & Organization*, Band 25:S. 411–436, 1994.
- Bolton, G. E.: A Comparative Model of Bargaining: Theory and Evidence . In: *The American Economic Review*, Band 81:S. 1096–1136, 1991.
- Bolton, G. E. und Ockenfels, A.: ERC: A Theory of Equity, Reciprocity, and Competition. In: *The American Economic Review*, Band 90:S. 166–193, 2000.
- Bolton, R. und Lemon, K.: A Dynamic Model of Customers' Usage of Services: Usage as an Antecedent and Consequence of Satisfaction. In: *Journal of Marketing Research*, Band 36:S. 171–186, 1999.
- Borkenau, P. und Ostendorf, F.: Untersuchungen zum Fünf-Faktoren Modell der Persönlichkeit und seine diagnostische Erfassung. In: *Zeitschrift für Differentielle und Diagnostische Psychologie*, Band 10:S. 239–259, 1989.
- Borkenau, P. und Ostendorf, F.: Ein Fragebogen zur Erfassung Fünf Robuster Persönlichkeitsfaktoren. In: *Diagnostica*, Band 37:S. 29–41, 1991.
- Borkenau, P. und Ostendorf, F.: *Neo-Fünf Faktoren Inventar (NEO-FFI) nach Costa und McCrea*. Hogrefe Verlag für Psychologie, 1993.
- Bowman, E. H.: A Risk/Return Paradox for Strategic Management. In: *Sloan Management Review*, Band 21:S. 17–32, 1980.
- Boyle, E. und Shapira, Z.: Aspiration and Survival in Jeopardy. Discussion Paper Series dp331, Center for Rationality and Interactive Decision Theory, Hebrew University, Jerusalem, 2003.
- Brunswik, E.: *International Encyclopedia of Unified Science*, Chicago: The University of Chicago Press, Band 1, Kapitel The conceptual framework of psychology. 1952.



- Byrnes, J. P., Miller, D. C. und Schafer, W. D.: Gender Differences in Risk Taking: A Meta-Analysis. In: *Psychological Bulletin*, Band 125:S. 367–388, 1999.
- Böhm, G. und Pfister, H. R.: Consequences, Morality, and Time in Environmental Risk Evaluation. In: *Journal of Risk Research*, Band 8:S. 461–479, 2005.
- Camerer, C. F.: An Experimental Test of Several Generalized Utility Theories. In: *Journal of Risk and Uncertainty*, Band 2:S. 61–104, 1989.
- Camerer, C. F.: *Behavioral Game Theory: Experiments in Strategic Interaction*. Princeton University Press, Princeton, New Jersey, 2003.
- Camerer, C. F. und Ho, T.-H.: Violations of the Betweenness Axiom and Nonlinearity in Probability. In: *Journal of Risk and Uncertainty*, Band 8:S. 167–196, 1994.
- Camerer, C. F. und Lovo, D.: Overconfidence and Excess Entry: An Experimental Approach. In: *The American Economic Review*, Band 89:S. 306–318, 1999.
- Camerer, C. F. und Thaler, R. H.: Ultimatums, Dictators and Manners. In: *Journal of Economic Perspectives*, Band 9:S. 209–219, 1995.
- Campbell, D. T. und Stanley, J. C.: *Experimental and Quasi-Experimental Designs for Research*. Boston: Houghton Mifflin Company, 1966.
- Casajus, A.: *Focal Points in Framed Games: Breaking the Symmetry*. Berlin: Springer, 2001.
- Chateuneuf, A. und Wakker, P.: An Axiomatization of Cumulative Prospect Theory for Decision Under Risk. In: *Journal of Risk and Uncertainty*, Band 18:S. 137–145, 1999.
- Chow, C. C. und Sarin, R. K.: Comparative Ignorance and the Ellsberg Paradox. In: *Journal of Risk and Uncertainty*, Band 22:S. 129–139, 2001.
- Cooper, R., DeJong, D., Forsythe, B. und Ross, T.: Selection Criteria in Coordination Games. In: *The American Economic Review*, Band 80:S. 218–233, 1990.
- Cooper, R., DeJong, D., Forsythe, B. und Ross, T.: Alternative Institutions for Resolving Coordination Problems: Experimental Evidence on Forward Induction and Preplay Communication. In: *Problems of Coordination in Economic Activity*, Dordrecht: Kluwer. 1994.

- Crawford, V. P. und Haller, H.: Learning How to Cooperate: Optimal Play in Repeated Coordination Games. In: *Econometrica*, Band 58:S. 571–595, 1990.
- Croson, R. T. A.: Information in Ultimatum Games: An Experimental Study. In: *Journal of Economic Behavior & Organization*, Band 30:S. 197–212, 1996.
- Curley, S. P. und Yates, J. F.: An Empirical Evaluation of Descriptive Models of Ambiguity Reactions in Choice Situations. In: *Journal of Mathematical Psychology*, Band 33:S. 397–427, 1989.
- Currim, I. S. und Sarin, R. K.: Prospect versus Utility. In: *Management Science*, Band 35:S. 22–41, 1989.
- Dawes, R. M.: *Rationalchoice in an Uncertain World*. San Diego: Harcourt Brace Jovanovich, 1988.
- Day, A. L. und Livingstone, H. A.: Gender Differences in Perception of Stressors and Utilization of Social Support among University Students. In: *Canadian Journal of Behavioural Science*, Band 51:S. 31–62, 2003.
- Diekmann, A.: *Empirische Sozialforschung: Grundlagen, Methoden, Anwendungen*. rowohlts enzyklopädie, 16. Auflage, 2006.
- Duffy, J. und Hopkins, E.: Learning, Information, and Sorting in Market Entry Games: Theory and Evidence. In: *Games and Economic Behavior*, Band 51:S. 31–62, 2005.
- Einhorn, H. J. und Hogarth, R. M.: Decision Making under Ambiguity. In: *Journal of Business*, Band 59:S. 225–250, 1985.
- Elberfeld, W. und Löffler, A.: An Analysis of Stability Sets in Pure Coordination Games. In: *Theory and Decision*, Band 49:S. 235–249, 2000.
- Ellsberg, D.: Risk, Ambiguity and the Savage Axioms. In: *Quarterly Journal of Economics*, Band 75:S. 643–669, 1961.
- Elstrodt, J.: *Maß- und Integrationstheorie*. Springer: Berlin, zweite Auflage, 1999.
- Erev, I. und Rapoport, A.: Coordination, Magic and Reinforcement Learning in a Market Entry Game. In: *Games and Economic Behavior*, Band 23:S. 146–175, 1998.

- Farquhar, P. H.: Utility Assessment Methods. In: *Management Science*, Band 30:S. 1283–1300, 1984.
- Fehr, E. und Schmidt, K. M.: A Theory of Fairness, Competition, and Cooperation. In: *The Quarterly Journal of Economics*, Band 114:S. 817–868, 1999.
- Fehr, E. und Schmidt, K. M.: Fairness, Incentives, and Contractual Choices. In: *European Economic Review*, Band 44:S. 1057–1068, 2000.
- Festinger, L.: A Theory of Social Comparison Process. In: *Human Relations*, Band 7:S. 117–140, 1954.
- Festinger, L.: *Theorie der kognitiven Dissonanz*. Huber: Bern u.a., 1954b.
- Fiegenbaum, A. und Thomas, H.: Attitudes toward Risk and the Risk-Return Paradox: Prospect Theory Explanations. In: *The Academy of Management Journal*, Band 31:S. 85–106, 1988.
- Fischbacher, U.: *Z-Tree-The Zurich Toolbox for Readymade Economic Experiments. Software, Reference Manual, and Tutorial*. University of Zürich, 2001.
- Forsythe, R., L., Horowitz J., E., Savin N. und M., Sefton: Fairness in Simple Bargaining Experiments. In: *Games and Economic Behavior*, Band 6:S. 347–369, 1994.
- Fox, C. R., Rogers, B. A. und Tversky, A.: Options Traders Exhibit Subadditive Decision Weights. In: *Journal of Risk and Uncertainty*, Band 13:S. 5–17, 1996.
- Fox, C. R. und Tversky, A.: Ambiguity Aversion and Comparative Ignorance. In: *The Quarterly Journal of Economics*, Band 110:S. 585–603, 1995.
- Fox, C. R. und Tversky, A.: A Belief-Based Account of Decision under Uncertainty. In: *Management Science*, Band 44:S. 879–895, 1998.
- Frazzini, A.: The Disposition Effect and Under-Reaction to News. In: *Journal of Finance*, Band 61:S. 2017–2046, 2006.
- Friedman, D. und Sunder, S.: *Experimental Methods, a Primer for Economists*. Cambridge: Cambridge University Press, 1994.
- Ganzach, Y.: Judging Risk and Return of Financial Assets. In: *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, Band 83:S. 353–370, 2000.

- Gierl, H., Helm, R. und Stumpp, S.: Wertfunktion der Prospect-Theorie, Produktpräferenzen und Folgerungen für das Marketing. In: *Zeitschrift für betriebswirtschaftliche Forschung (ZfbF)*, Band 54:S. 3–18, 2002.
- Gigerenzer, G.: Why the Distinction between Single-Event Probabilities and Frequencies is important for Psychology (and vice versa). In: *Subjective Probability*, Chichester: Wiley & Son. 1994.
- Gigerenzer, G., Hell, W. und Blank, H.: Presentation and Vontent: The Use of Base Rate as a Continous Variable. In: *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, Band 14:S. 513–525, 1988.
- Gigerenzer, G., Hoffrage, G. und Kleinbötting, H.: Probalistic Mental Models: A Brunswikan Theory of Confidence. In: *Psychological Review*, Band 98:S. 506–528, 1991.
- Gilovich, T., Griffin, D. und Kahneman, D. (Hg.): *Heuristics and Biases: The Psychology of Intuitive Judgment*. Cambridge: Cambridge University Press, 2002.
- Green, P. E. und Tull, T. S.: *Research for Marketing Decisions*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall, 1988.
- Grether, D. M. und Plott, C. R.: Economic Theory of Choice and the Preference Reversal Phenomenon. In: *The American Economic Review*, Band 69:S. 623–638, 1979.
- Grinblatt, M. und Keloharju, M.: What Makes Investors Trade? In: *The Journal of Finance*, Band 56:S. 589–616, 2001.
- Gupta, N. D., Poulsen, A. und Villeval, A.: Male and Female Competitive Behavior: Experimental Evidence. IZA Discussion Papers 1833, Institute for the Study of Labor (IZA), 2005.
- Güth, W.: Equilibrium Selection by Unilateral Deviation Stability. In: *Rational Interaction: Essays in Honor of John C. Harsanyi*, Springer: Heidelberg. 1992.
- Güth, W.: On the Inconsistency of Equilibrium Refinement. In: *Theory and Decision*, Band 53:S. 371–392, 2002.
- Güth, W. und Kalkofen, B.: *Unique Solutions for Strategic Games: Equilibrium Selection Based on Resistance Avoidance*. Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems, 328, 1989.

- Güth, W., Schmittberger, R. und Schwarze, B.: An Experimental Analysis of Ultimatum Bargaining. In: *Journal of Economic Behavior & Organization*, Band 3:S. 367–388, 1982.
- Güth, W. und Tietz, R.: Ultimatum Bargaining Behavior : A Survey and Comparison of Experimental Results. In: *Journal of Economic Psychology*, Band 11:S. 417–449, 1990.
- Hammond, P. J.: Objective Expected Utility. In: Salvador Barbera, Christian Seidl, Peter J. Hammond (Hg.) *The Handbook of Expected Utility*, Kluwer, Band Vol. 1, Kapitel 5. 1998.
- Harsanyi, J. und Selten, R.: *A General Theory of Equilibrium Selection in Games*. MIT Press: Cambridge MA, 1988.
- Harsanyi, J. C.: A new Theory for Equilibrium Selection for Games with Complete Information. In: *Games and Economic Behavior*, Band 8:S. 91–122, 1995a.
- Harsanyi, J. C.: A new Theory for Equilibrium Selection for Games with Incomplete Information. In: *Games and Economic Behavior*, Band 10:S. 318–332, 1995b.
- Harvey, C. M.: Conditions on Risk Attitude for a Single Attribute. In: *Management Science*, Band 27:S. 190–203, 1981.
- Herings, P. J.-J. und van den Elzen, A.: Computation of the Nash Equilibrium Selected by the Tracing Procedure in N-Person Games. In: *Games and Economic Behavior*, Band 38:S. 89–117, 2002.
- Hogarth, R. M. und Kunreuther, H.: Ambiguity and Insurance Decisions. In: *The American Economic Review*, Band 75:S. 386–390, 1985.
- Hogarth, R. M. und Kunreuther, H.: Risk, Ambiguity, and Insurance. In: *Journal of Risk and Uncertainty*, Band 2:S. 5–35, 1989.
- Hutson-Comeaux, S. L. und Kelly, J. R.: Gender Stereotypes of Emotional reactions: How We Judge an Emotion as Valid. In: *Sex Roles: A Journal of Research*, Band 47:S. 45–59, 1998.
- Jacobi, G. G. J.: De Determinantibus functionalibus. In: *Gesammelte Werke*, Crelle Journal für die reine und angewandte Mathematik, Band 22. 1841.

- Jungermann, H., Pfister, H. R. und Fischer, K.: *Die Psychologie der Entscheidung. Eine Einführung*. Spektrum Akademischer Verlag, zweite Auflage, 2005.
- Jungermann, H. und Thüring, M.: Causal Knowledge and the Expression of Uncertainty. In: *The Cognitive Psychology of Knowledge*, Amsterdam: Elsevier. 1993.
- Kagel, J. H., Kim, C. und Moser, D.: Fairness in Ultimatum Games with Asymmetric Information and Asymmetric Payoffs. In: *Games and Economic Behavior*, Band 13:S. 100–110, 1996.
- Kagel, J. H. und Roth, A. E. (Hg.): *The Handbook of Experimental Economics*. Princeton University Press, Princeton, New Jersey, 1995.
- Kahneman, D.: Maps of Bounded Rationality: Psychology for Behavioral Economics. In: *The American Economic Review*, Band 93:S. 1449–1475, 2003.
- Kahneman, D. und Knetsch, J. L.: Valuing Public Goods: The Purchase of Moral Satisfaction. In: *Journal of Environmental Economics and Management*, Band 22:S. 57–70, 1992.
- Kahneman, D., Knetsch, J. L. und Thaler, R.: Fairness as a Constraint on Profit Seeking: Entitlements in the Market. In: *American Economic Review*, Band 76:S. 728–741, 1986a.
- Kahneman, D., Knetsch, J. L. und Thaler, R. H.: Fairness and the Assumptions of Economics. In: *Journal of Business*, Band 59:S. 285–300, 1986.
- Kahneman, D., Knetsch, J. L. und Thaler, R. H.: Experimental Tests of the Endowment Effect and the Coase Theorem. In: *Journal of Political Economy*, Band 98:S. 1325–1348, 1990.
- Kahneman, D., Knetsch, J. L. und Thaler, R. H.: The Endowment Effect, Loss Aversion, and Status Quo Bias: Anomalies. In: *Journal of Economic Perspectives*, Band 5:S. 193–206, 1991.
- Kahneman, D. und Tversky, A.: Prospect Theory: An Analysis of Decision under Risk. In: *Econometrica*, Band 47:S. 263–291, 1979.
- Kahneman, D. und Tversky, A. (Hg.): *Choices, Values, and Frames*. Cambridge: Cambridge University Press, 2000.

- Kakutani, S.: A Generalization of Brouwer's Fixed Point Theorem. In: *Duke Mathematical Journal*, Band 8:S. 457–459, 1941.
- Kalai, E. und Samet, D.: Persisten Equilibria in Strategic Games. In: *International Journal of Game Theory*, Band 13:S. 129–144, 1984.
- Karni, E. und Safra, Z.: Preference Reversal and the Observability of Preferences by Experimental Methods. In: *Econometrica*, Band 55:S. 675–685, 1987.
- Karniol, R., Gabay, R., Ochion, Y. und Harari, Y.: Is Gender or Gender-Role Orientation a better Predictor of Empathy in Adolescence? In: *Sex Roles: A Journal of Research*, Band 39:S. 45–59, 1998.
- Keeney, R. L. und Raiffa, H.: *Decisions with Multiple Objectives*. John Wiley and Sons, New York, 1976.
- Kimble, C. E. und Hirt, E. R.: Self-Focus, Gender, and Habitual Self-Handicapping: Do they make a Difference in Behavioral Self-Handicapping? In: *Social Behavior and Personality*, Band 33:S. 43–56, 2005.
- Kivetz, R.: Advances in Research on Mental Accounting and Reason-Based Choice. In: *Marketing Letters*, Band 10:S. 249–266, 1999.
- Klos, A., Weber, E. und Weber, M.: Investment Decisions and Time Horizon: Risk Perception and Risk Behavior in Repeated Gambles. In: *Management Science*, Band 51:S. 1777–1790, 2005.
- Knight, F.H.: *Risk, Uncertainty, and Profit*. Bosten, 1921.
- Knudson-Martin, C.: Female voice: Applications to Bowen's family systems theory. In: *The Journal of Marital and Family Therapy*, Band 20:S. 35–46, 1994.
- Koehler, J. J.: The Base Rate Fallacy Reconsidered: Descriptive, Normative, and Methodological Challenges. In: *Behavioral and Brain Sciences*, Band 19:S. 1–53, 1996.
- Koopmans, T. C.: Stationary Ordinal Utility and Impatience. In: *Econometrica*, Band 28:S. 287–309, 1960.
- Kramarz, F.: Dynamic Focal-Points in N-Person Coordination Games. In: *Theory and Decision*, Band 40:S. 277–313, 1996.

- Krüger, J.: The Projective Perception of the Social World: A Building Block of Social Comparison Processes. In: *Handbook of Social Comparison: Theory and Research*, New York: Plenum/Kluwer. 2000.
- Kujal, P. und Smith, V. L.: The Endowment Effect. Economics Working Papers we036226, Universidad Carlos III, Departamento de Economía, 2003.
- Kunreuther, H., Hogarth, R. und Meszaros, J.: Insurer Ambiguity and Market Failure. In: *Journal of Risk and Uncertainty*, Band 7:S. 71–87, 1993.
- Kunreuther, H., Meszaros, J., Hogarth, R. M. und Spranca, M.: Ambiguity and Underwriter Decision Processes. In: *Journal of Economic Behavior & Organization*, Band 26:S. 337–352, 1995.
- Lee, W.: *Psychologische Entscheidungstheorie*. Weinheim: Beltz, 1977.
- Levine, D. K.: Modeling Altruism and Spitefulness in Experiment. In: *Review of Economic Dynamics*, Band 1:S. 593–622, 1998.
- Loewenstein, G. und Issacharoff, S.: Source Dependence in the Valuation of Objects. In: *Journal of Behavioral Decision Making*, Band 7:S. 157–168, 1994.
- Loewenstein, G. und Thaler, R. H.: Intertemporal Choice. In: *Journal of Economic Perspectives*, Band 3:S. 181–193, 1989.
- Loewenstein, G. F.: The Fall and Rise of Psychological Explanations in the Economics of Intertemporal Choice. In: *Choice over Time*, New York: Russel Sage Foundation. 1992.
- Loewenstein, G. F., Thomson, L. und Bazerman, L. H.: Social Utility and Decision Making in Interpersonal Contexts. In: *Journal of Personality and Social Psychology*, Band 57:S. 426–441, 1989.
- Loomes, G. und Sugden, R.: Regret Theory: An Alternative Theory of Rational Choice under Uncertainty. In: *Economic Journal*, Band 92:S. 805–824, 1982.
- Loomes, G. und Sugden, R.: Regret Theory and Measurable Utility. In: *Economics Letters*, Band 12:S. 19–21, 1983.
- Loomes, G. und Sugden, R.: Disappointment and Dynamic Consistency in Choice under Uncertainty. In: *Review of Economic Studies*, Band 53:S. 271–282, 1986.



- Lopes: Algebra and Process in the Modeling of Risky Choice. In: *Decision Making from a Cognitive Perspective*, San Diego: Academic Press. 1995.
- Lopes, L. L.: Between Hope and Fear: The Psychology of Risk. In: *Advances in Experimental Social Psychology*, Band 20:S. 255–295, 1987.
- Maccoby, E. E. und Jacklin, C. N.: *The Psychology of Sex Differences*. Stanford: Stanford University Press, 1974.
- Machina, M. J.: Choice Under Uncertainty: Problems Solved and Unsolved. In: *The Journal of Economic Perspectives*, Band 1:S. 121–154, 1987.
- Magnan, R. E. und Hinsz, V. B.: Mood, Gender, and Situational Influences on Risk-Taking Advice for Others. In: *Social Behavior and Personality*, Band 33:S. 1–10, 2005.
- March, J. G. und Shapira, Z.: Variable Risk Preferences and the Focus of Attention. In: *Psychological Review*, Band 99:S. 172–183, 1992.
- McCaffery, E. J. und Baron, J.: The Humpty Dumpty Blues: Disaggregation Bias in the Evaluation of Tax Systems. In: *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, Band 91:S. 230–242, 2003.
- McGray, J. A., King, A. R. und Bailly, M. D.: General Versus Gender-Specific Attributes of the Psychology Major. In: *Journal of General Psychology*, Band 132:S. 139–150, 2005.
- McKelvey, R. D. und McLennan, A.: *Computation of Equilibria in Finite Games*, Elsevier Amsterdam, Kapitel 2, S. 86–142. 1996.
- McKelvey, R. D. und Palfrey, T. R.: Quantal Response Equilibria for Normal Form Games. In: *Games and Economic Behavior*, Band 10:S. 6–38, 1995.
- McNamara, G. und Bromiley, P.: Risk and Return in Organizational Decision Making. In: *The Academy of Management Journal*, Band 42:S. 330–339, 1999.
- Mehta, J., Starmer, C. und Sugden, R.: The Nature of Salience: An Experimental Investigation of Pure Coordination Games. In: *The American Economic Review*, Band 84:S. 658–673, 1994.
- Mellers, A., B. A. and Schwartz, Ho, K. und Ritov, I.: Decision Affect Theory: Emotional Reactions to the Outcomes of Risky Options. In: *Psychological Science*, Band 8:S. 423–429, 1997.

- Murnighan, J. K., Oesch, J. M. und Pillutla, M.: Player Types and Self-Impression Management in Dictatorship Games: Two Experiments. In: *Games and Economic Behavior*, Band 37:S. 388–414, 2001.
- Myerson, R. B.: Refinements in the Nash Equilibrium Concept. In: *International Journal of Game Theory*, Band 7:S. 73–78, 1978.
- Nash, J.: Two-Person Noncooperative Games. In: *Econometrica*, Band 21:S. 128–140, 1953.
- Neelin, J., Sonnenschein, H. und Spiegel, M.: A Further Test of Noncooperative Bargaining Theory: Comment. In: *The American Economic Review*, Band 78:S. 824–36, 1988.
- Nickel, M. N. und Rodriguez, M. C.: A Review of Research on the Negative Accounting Relationship between Risk and Return: Bowman's Paradox. In: *Omega-International Journal of Management Science*, Band 30:S. 1–18, 2002.
- Norde, H., Potters, J., Reijnierse, H. und Vermeulen, D.: Equilibrium Selection and Consistency. In: *Games and Economic Behavior*, Band 12:S. 219–225, 1996.
- Ochs, J.: Games with Unique, Mixed Strategy Equilibria: An Experimental Study. In: *Games and Economic Behavior*, Band 10:S. 202–217, 1995.
- Ochs, J.: Coordination in Market Entry Games. In: *Games and Human Behavior*, Erlbaum, Mahwah, NJ. 1998.
- Ochs, J. und Roth, A. E.: An Experimental Study of Sequential Bargaining. In: *American Economic Review*, Band 79:S. 355–84, 1989.
- Odean, T.: Are Investors Reluctant to Realize Their Losses? In: *The Journal of Finance*, Band 53:S. 1775–1798, 1998.
- Orive, R.: Social Projection and Comparison of Opinions. In: *Journal of Personality and Social Psychology*, Band 54:S. 953–964, 1988.
- Peleg, B. und Tijs, S.: The Consistency Principle for Games in Strategic Form. In: *International Journal of Game Theory*, Band 25:S. 13–34, 1996.
- Prasnikar, V. und Roth, A. E.: Considerations of Fairness and Strategy: Experimental Data from Sequential Games. In: *The Quarterly Journal of Economics*, Band 107:S. 865–888, 1992.

- Pruitt, D. G. und Carnevale, P. J.: *Negotiation in Social Conflict*. Buckingham: Open University Press, 1996.
- Quiggin, J.: A Theory of Anticipated Utility. In: *Journal of Economic Behavior and Organization*, Band 3:S. 323–343, 1982.
- Quiggin, J.: *Generalized Expected Utility Theory: The Rank-Dependent Model*. Kluwer Academic Publishers, 1992.
- Rabin, M.: Incorporating Fairness into Game Theory and Economics. In: *The American Economic Review*, Band 83:S. 1281–1302, 1993.
- Rapoport, A., Seale, D. A. und Ordonez, L.: Tacit Coordination in Choice between Certain Outcomes in Endogenously Determined Lotteries. In: *Journal of Risk and Uncertainty*, Band 25(1):S. 21–45, 2002a.
- Rapoport, A., Seale, D. A. und Winter, E.: An Experimental Study of Coordination and Learning in Iterated Two Market Entry Games. In: *Economic Theory*, Band 16:S. 661–687, 2000.
- Rapoport, A., Seale, D. A. und Winter, E.: Coordination and Learning Behavior in Large Groups with Asymmetric Players. In: *Games and Economic Behavior*, Band 39:S. 137–166, 2002b.
- Rapoport, A., Seale, D.A., Erev, I. und Sundali, J.A.: Equilibrium Play in Large Group Market Entry Games. In: *Management Science*, Band 44:S. 119–141, 1998.
- Renn, B. und Rohrman, O. (Hg.): *Cross-Cultural Risk Perception*. Dordrecht: Kluwer Academic Publisher, 2000.
- Roelofsma, P. H. M. P.: Modelling Intertemporal Choice: An Anomaly Approach. In: *Acta Psychologica*, Band 93:S. 5–22, 1996.
- Roszkowski, M. J. und Snelbecker, G. E.: Effects of Framing on Measures of Risk Tolerance: Financial Planners are Not Immune. In: *Journal of Behavioral Economics*, Band 19:S. 237–246, 1990.
- Roth, A. E., Prasnikar, V., Okuno-Fujiwara, M. und Zamir, Z.: Bargaining and Market Behavior in Jerusalem, Ljubljana, Pittsburgh, and Tokyo: An Experimental Study. In: *American Economic Review*, Band 81(5):S. 1068–95, 1991.
- Rotundo, E. A.: Speaking from the Heart: Gender and the Social Meaning of Emotion. In: *Journal of Social History*, Band 38:S. 232–234, 2004.

- Ruefli, T. W.: Mean-Variance Approaches to Risk-Return Relationships in Strategy: Paradox Lost. In: *Management Science*, Band 36:S. 368–380, 1990.
- Samuelson, P.: A Note on Measurement Utility. In: *Review of Economic Studies*, Band 4:S. 166–161, 1937.
- Sarin, R. K. und Weber, M.: Effects of Ambiguity in Market Experiments. In: *Management Science*, Band 39:S. 602–615, 1993.
- Schade, C.: Dynamics, Experimental Economics, and Entrepreneurship. In: *The Journal of Technology Transfer*, Band 30:S. 409–431, 2005.
- Schade, C., Krantz, D., Schröder, A. und Krebs, T.: The Effect of Feedback on Mixed Strategy Choices in Paper-Rock-Scissors. Mimeo, Humboldt Universität zu Berlin & Columbia University of New York, 2005a.
- Schade, C., Schröder, A. und Krause, K.: Subjective Equilibria with Coordination after Gains and Losses: Theory and Experimental Evidence. mimeo, Humboldt-Universität zu Berlin, 2005b.
- Schade, C. und Steul, M.: Risikoeinstellung, Risikoverhalten und Marketing für Finanzdienstleistungen. mimeo, Arbeitspapier Nr. 24 der Forschungsgruppe für Konsum und Verhalten, 1998.
- Schade, C., Steul, M. und Schröder, A.: Starting Points Effects on Risk-Taking Behavior. Sonderforschungsbereich 373 2002–15, Humboldt-Universität zu Berlin, 2002.
- Schmalensee, R.: Sunk Costs and Market Structure: A Review Article. In: *The Journal of Industrial Economics*, Band 40:S. 125–134, 1992.
- Schmeidler, D.: Subjective Probability and Expected Utility without Additivity. In: *Econometrica*, Band 57:S. 571–587, 1989.
- Schmidt, U.: Alternatives to Expected Utility: Formal Theories. In: Salvador Barbera, Christian Seidl, Peter J. Hammond (Hg.) *Handbook of Utility Theory*, Kluwer, Band Vol. 2. 2004.
- Scholz, R. W.: *Cognitive Stratetics in Stochastic Thinking*. Dordrecht: Reidel, 1987.
- Schröder, A. und Schade, C.: Simultaneous Decisions on Market Entry: How Many are Going to Enter? In: *Marketing Science; A Two-Way Street Linking Theory and Practice, Proceedings of the Marketing Science Conference*. 2001.

- Schröder, A. und Schade, C.: Bounded Rationality in Three-Player Simultaneous Market Entry Game. In: *Proceedings of the 2001 IEEE EMS International Engineering Management Conference*. 2002a, S. 213–218.
- Schröder, A. und Schade, C.: Integrating a Behavioral Preference Calculus into a Simultaneous Market Entry Game: Analyses of Equilibria for Selected Cases of Prior Gain and Loss Experiences. Sonderforschungsbereich 373 2002-26, Humboldt-Universität Berlin, 2002b.
- Seale, D. A. und Rapoport, A.: Elicitation of Strategy Profiles in Large Group Coordination Games. In: *Experimental Economics*, Band 3:S. 153–179, 2001.
- Selten, R.: Die Strategiemethode zur Erforschung des eingeschränkt rationalen Verhaltens im Rahmen eines Oligopol-experiments. In: *Contributions to Experimental Economics*, Tübingen: J. C. B. Mohr. 1967.
- Selten, R.: Reexamination of the Perfectness Concept for Equilibrium Points in Extensive Games. In: *International Journal of Game Theory*, Band 4:S. 141–201, 1975.
- Selten, R.: An Axiomatic Theory of a Risk Dominance Measure for Bipolar Games with linear Incentives. In: *Games and Economic Behavior*, Band 8:S. 213–263, 1995.
- Selten, R. und Güth, W.: Equilibrium Point Selection in a Class of Market Entry Games. In: *Games, Economic Dynamics and Time Series Analysis-A Symposium in Memorium of Oscar Morgenstern*, Physica Verlag, Würzburg und Wien. 1982.
- Shachat, J. M.: Mixed Strategy Play and the Minimax Hypothesis. In: *Journal of Economic Theory*, Band 104:S. 189–226, 2002.
- Shalev, J.: Loss Aversion Equilibrium. In: *International Journal of Game Theory*, Band 29:S. 269–287, 2000.
- Shalev, J.: Loss Aversion and Bargaining. In: *Theory and Decision*, Band 52:S. 201–232, 2002.
- Shapira, Z.: Ambiguity and Risk Taking in Organizations. In: *Journal of Risk and Uncertainty*, Band 7:S. 89–94, 1993.
- Shefrin, H.: Do Investors Expect Higher Returns from Safer Stocks than from Riskier Stocks? In: *Journal of Psychology and Financial Markets*, Band 2:S. 176–181, 2001.

- Shefrin, H. und Statman, M.: The Disposition to Sell Winners Too Early and Ride Losers Too Long: Theory and Evidence. In: *The Journal of Finance*, Band 40:S. 777–790, 1985.
- Shelling, T. C.: *The Strategy of Conflict*. Cambridge, Mass.: Havard University Press, 1960.
- Siegrist, M.: The Influence of Trust and Perception of risks and Benefits on the Acceptance of Gene Technology . In: *Risk Analysis*, Band 20:S. 195–203, 2000.
- Siegrist, M. und Cvetcovich, G.: Perception of Hazards: The Role of social trust and Knowledge. In: *Risk Analysis*, Band 20:S. 713–719, 2000.
- Siegrist, M., Cvetcovich, G. und Gutscher, H.: Shared Values, Social Trust and the Perception of Georgraphic cancer clusters. In: *Risk Analysis*, Band 21:S. 1047–1053, 2001.
- Slovic, P. (Hg.): *The Perception of Risk*. Lomdon / Sterling: Eartscan Publication Ltd., 2000.
- Smidts, A.: The Relationship between Risk Attitude and Strength of Preference: A Test of Intrinsic Risk Attitude. In: *Management Science*, Band 43:S. 357–370, 1997.
- Smith, V. L.: Experimental Economics: Induced Value Theory. In: *The American Economic Review*, Band 66:S. 274–279, 1976.
- Snelbecker, G. E., Roszkowski, M. J. und Cutler, N. E.: Investors' Risk Tolerance and Return Aspirations, and Financial Advisors' Interpretations: A Conceptual Model and Exploratory Data. In: *Journal of Behavioral Economics*, Band 19:S. 377–393, 1990.
- Solow, R. M.: On the Theories of Unemployment. In: *American Economic Review*, Band 70:S. 1–11, 1980.
- Soman, D.: The Mental Accounting of Sunk Time Costs: Why Time is not like Money. In: *Journal of Behavioral Decision Making*, Band 14:S. 169–185, 2001.
- Soman, D. und Cheema, A.: The Effect of Windfall Gains on the Sunk-Cost Effect. In: *Marketing Letters*, Band 12:S. 51– 62, 2001.

- Stephan, E. und Kiell, G.: *Marketing in the New Millenium*, Proceedings of the 29'th EMAC Conference, Kapitel Decision Processes in Professional Investors: Does Expertise Moderate Judgmental Biases? 2000.
- Steul, M.: *Risikoverhalten privater Kapitalanleger: Implikationen für das Finanzdienstleistungsmarketing*. Dissertation, Universität Frankfurt a. M., 2003.
- Straub, P. G.: Risk Dominance and Coordination Failures in Static Games. In: *The Quarterly Review of Economics and Finance*, Band 35(4):S. 339–363, 1995.
- Straub, P. G. und Murnighan, J. K.: An Experimental Investigation of Ultimatum Games: Information, Fairness, Expectations, and Lowest Acceptable Offers. In: *Journal of Economic Behavior & Organization*, Band 27(3):S. 345–364, 1995.
- Sugden, R.: Alternatives to Expected Utility: Foundations. In: Salvador Barbera, Christian Seidl, Peter J. Hammond (Hg.) *Handbook of Utility Theory*, Kluwer, Band Vol. 2. 2004.
- Sundali, J. A., Rapoport, A. und Seale, D. A.: Coordination in Market Entry Games with Symmetric Players. In: *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, Band 64:S. 203–218, 1995.
- Sutton, John: *Sunk Costs and Market Structure: Price Competition, Advertising, and the Evolution of Concentration*. MIT Press, 1991.
- Thaler, R.: Toward a Positive Theory of Consumer Choice. In: *Journal of Economic Behavior and Organisation*, Band 1:S. 39–60, 1980.
- Thaler, R.: Mental Accounting and Consumer Choice. In: *Marketing Science*, Band 4:S. 199–214, 1985.
- Thaler, R.: Mental Accounting Matters. In: *Journal of Behavioral Decision Making*, Band 12:S. 183–206, 1999.
- Thaler, R. und Johnson, E.: Gambling with the House Money and Trying to Break Even: The Effects of Prior Outcomes on Risky Choice. In: *Management Science*, Band 36:S. 634–660, 1990.
- Thüring, M.: *Probabilistisches Denken in kausalen Modellen*. Weinheim. Psychologie Verlags Union, 1991.

- Tversky, A. und Fox, C. R.: Weighting Risk and Uncertainty. In: *Psychological Review*, Band 102:S. 269–283, 1995.
- Tversky, A. und Kahneman, D.: Availability: A Heuristic for Judging Frequency and Probability. In: *Cognitive Psychology*, Band 5:S. 207–233, 1973.
- Tversky, A. und Kahneman, D.: Judgement under Uncertainty: Heuristics and Biases. In: *Science*, Band 185:S. 1124–1131, 1974.
- Tversky, A. und Kahneman, D.: Loss Aversion in Riskless Choice: A Reference-Dependent Model. In: *The Quarterly Journal of Economics*, Band 106:S. 1039–1061, 1991.
- Tversky, A. und Kahneman, D.: Advances in Prospect Theory: Cumulative Representation of Uncertainty. In: *Journal of Risk and Uncertainty*, Band 5:S. 297–323, 1992.
- Tversky, A. und Koehler, D. J.: Support Theory: A Non-Extentional Representation of Subjective Probability. In: *Psychological Review*, Band 101:S. 547–567, 1994.
- Tversky, D., A. and Kahneman: Extentional versus Intuitive reasoning: The Conjunction Fallacy in Probability Judgement. In: *Psychological Review*, Band 90:S. 293–315, 1983.
- Vazsonyi, A.: Decision Making: Normative, Descriptive and Decision Counseling. In: *Managerial and Decision Economics*, Band 11:S. 317–325, 1990.
- von Neumann, J. und Morgenstern, O.: *Theory of Games and Economic Behavior*. Princeton University Press, Princeton., dritte Auflage, 1947.
- von Nitzsch, Rüdiger: *Entscheidungen in Finanzmärkten: Psychologische Grundlagen*. Verlag Mainz, 1999.
- Wakker, P.: Separating Marginal Utility and Probabilistic Risk Aversion. In: *Theory and Decision*, Band 36:S. 1–44, 1994.
- Wakker, P. und Deneffe, D.: Eliciting von Neumann-Morgenstern Utilities When Probabilities are Distorted or Unknown. In: *Management Science*, Band 42:S. 1131–1150, 1996.
- Wakker, P. und Tversky, A.: An Axiomatization of Cumulative Prospect Theory. In: *Journal of Risk and Uncertainty*, Band 7:S. 147–175, 1993.



- Wakker, P. und Zank, H.: A Simple Axiomatization of Rank-Dependent Utility and Cumulative Prospect Theory with Constant Proportional Risk Aversion. In: *European Economic Review*, Band 46:S. 1253–1271, 1997.
- Wakker, P. und Zank, H.: A Simple Preference Foundation of Cumulative Prospect Theory with Power Utility. In: *European Economic Review*, Band 40:S. 1253–1271, 2002.
- Weber, E. U.: Personality and Risk Taking. In: *International Encyclopedia of the Social and Behavioral Science*, Oxford, UK: Elsevier Science Limited, S. 11274–11276. 2001.
- Weber, M. und Camerer, C. F.: The Disposition Effect in Securities Trading: An Experimental Analysis. In: *Journal of Economic Behavior & Organization*, Band 33:S. 167–184, 1998.
- Weiner, B.: *An Attributional Theory of Motivation and Emotion*. New York: Springer, 1986.
- Weizsäcker, G.: Ignoring the Rationality of Others: Evidence from Experimental Normal-Form Games. In: *Games and Economic Behavior*, Band 44:S. 145–171, 2003.
- Wu, B. und Knott, A. M.: Entrepreneurial Risk and Market Entry. In: *Management Science*, Band 52:S. 1315–1330, 2006.
- Wu, G. und Gonzalez, R.: Curvature of the Probability Weighting Function. In: *Management Science*, Band 42:S. 1676–1690, 1996.
- Yaari, M. E.: The Dual Theory of Choice under Risk. In: *Econometrica*, Band 55:S. 95–115, 1987.
- Zank, H.: Cumulative Prospect Theory for Parametric and Multiattribute Utilities. In: *Mathematics Of Operations Research*, Band 26:S. 67–81, 2001.
- Zimmer, A.: *Entscheidungsverhalten nach Gewinn- und Verlusterfahrungen*. Diplomarbeit, Institut für Entrepreneurship/Innovationsmanagement, Wirtschaftswissenschaftliche Fakultät, Humboldt-Universität zu Berlin, 2005.
- Zuchel, H. und Weber, M.: The Disposition Effect and Momentum. Sonderforschungsbereich 504 Publications 01-26, Sonderforschungsbereich 504, Universität Mannheim, 2001.

# Danksagung

Hiermit möchte ich mich zunächst bei meinem Doktorvater Herrn Prof. Dr. Christian Schade und dem Zweitgutachter Herrn Prof. Dr. Werner Güth für die zahlreichen Anregungen, Hinweise und konstruktiven Kritiken bedanken. Ohne die professionelle Hilfe dieser Wissenschaftler wäre diese Arbeit sicher nicht in der vorliegenden Weise realisierbar gewesen.

Weiterhin möchte ich mich bei Frau Dipl.-Kffr. Anja Zimmer und Herrn Dipl.-Kfm. Klaus-Dieter Becker für die Zusammenarbeit bei der Implementierung, Durchführung und teilweisen Auswertung der ersten beiden experimentellen Studien bedanken. Außerdem danke ich Herrn Dipl.-Wirt.-Ing. Kai Krause für die Zusammenarbeit bei der Durchführung und teilweisen Auswertung der beiden spieltheoretischen Studien.

Außerdem bedanke ich mich bei Frau Dr. rer. pol. Yulia Grishchenko, Frau Dipl.-Kffr. Anja Zimmer, Herrn Dr. rer. pol. Alexander Erdmann, Herrn Dr. rer. pol. Philipp Köllinger, Herrn Dipl.-Wirt.-Ing. Kai Krause und Herrn Dipl.-Kfm. Tobias Krebs für die zahlreichen Diskussionen, welche mir stets Anregung für kreative Ideen waren.

Mein besonderer Dank gilt Herrn Dipl.-Inf. und Dipl.-Kfm. Diemo Urbig. Als Freund und Koautor war dieser mir eine große Hilfe, insbesondere im Hinblick auf die Frage nach der (Nicht-) Existenz von Gleichgewichten in CPT-transformierten Spielen<sup>7</sup>.

Schließlich bedanke ich mich bei meiner Lebenspartnerin Frau Dipl.-Soz.-päd. Sandra Radler für die Unterstützung im privaten Umfeld. Ohne Dich hätte ich diese Arbeit nicht in dieser Art beendet...

---

<sup>7</sup>Neueste gemeinsame Studien belegen, dass es CPT-transformierte Spiele ohne Nash-Gleichgewicht gibt, siehe auch Kapitel 5 in dieser Arbeit.